

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва Ўрта махсус
таълим Вазирлиги**

Ж.С.Файзиев, Ж.М.Қурбонов

**ОЗИҚ-ОВҚАТ МАҲСУЛОТЛАРИНИ
ТАДҚИҚОТЛАРИНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ
УСЛУБЛАРИ**

Олий таълимнинг 810000 – «Хизмат кўрсатиш» соҳасидаги «Сервис»
таълим йўналишлари учун
ДАРСЛИК

ТОШКЕНТ-2009

Ж.С.Файзиев, Ж.М.Қурбонов, Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқотларининг физик-кимёвий услублари: – Тошкент, 2009. – 279 б.

Тақризчилар: 1. Бух.ООЕСТИ профессори, т.ф.д. О.Сафаров
2. СамИСИ профессори, т.ф.д. И.М.Маматов

Аннотация

Дарсликда сервис озиқ-овқат маҳсулотларини сифатини баҳолаш усул ва мезонлари, замонавий физикавий тадқиқот этиш усуллари, шунингдек, маҳсулотларни кимёвий тадқиқот усуллари турлари, моҳияти, ишлатиладиган асбоб ва реактивлар ва таҳлилни бажариш тартиблари ёритилган.

Дарслик олий ўқув юртларининг “Сервис (аҳоли ва туристларни овқатлантириш хизмати)” таълим йўналиши бакалавриатура талабаларига мўлжалланган.

КИРИШ

Ҳозирги постиндустриал иқтисодни фарқли хусусияти хизматлар улушини кескин ошиб бориши билан тавсифланмоқда. Олимлар таъбирча эртанги кун жамиятида хизматлар ва информация ишлаб чиқариш товарлар ишлаб чиқаришга нисбатан анча устун туради. Бундай ижобий жараённи рўй бераётганлиги ҳақида ҳозирги кунда хизматлар соҳасини кўпгина ривожланган давлатлар ялпи ички маҳсулотини асосий қисмини таъминлаётганлиги аниқ далолат бермоқда. Шу сабабли Республикамизда хизмат кўрсатиш ва сервис соҳасини ривожлантириш бўйича изчил чоралар кўрилмоқда. Хусусан, “Ўзбекистон Республикасида 2006-2010 йилларда хизмат кўрсатиш ва сервис соҳасини ривожлантиришни жадаллаштириш чора-тадбирлари“ тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2006 йил 17 апрелдаги қарори буни яққол исботи ҳисобланади. Қарорда янги истиқболли хизмат турларини ривожлантириш билан бир қаторда савдо ва овқатланиш хизматлари ҳажмини 2010 йилда 2005 йилга нисбатан 2,2 маротаба ошириш назарда тутилган.

Сервис фаолияти ҳолатини баҳолашда маҳсулотлар ва хизматлар сифатини муаммолари катта аҳамиятга эга. Хизматлар ва сервис маҳсулотини сифати уни комплекс хусусиятлари асосида шаклланиб, хусусан уларни ишлаб чиқариш технологик, физикавий хусусиятлари алоҳида аҳамият касб этади. Сервис маҳсулотларини, жумладан, овқатланиш сервис маҳсулотларини сифатини таҳлил этиш, бу маҳсулотлар хусусиятларини меъёрий ҳужжатларда назарда тутилган кўрсаткичларга мос келишини аниқлашни тақозо қилади. Бу вазифани ҳал этишда овқатланиш маҳсулотларини замонавий физик-кимёвий усулларини аҳамияти жуда катта.

Ишлаб чиқарилаётган маҳсулотларни ишлаб чиқариш таҳлил хонаси шароитида амалга ошириладиган тизимли ва юқори савиядаги органолептик, микробиологик ва физико-кимёвий тадқиқотлари тайёр маҳсулотлар сифатини талаб даражасида сақлашни кафолатлайди. Ҳозирги пайтда

корхона таҳлилхоналарида назорат усуллари, хом-ашё ва тайёр маҳсулотларни сифат меъёрларини янги стандартларига мувофиқ янги инустремантал ва экспресс методлар жорий қилинмоқда. Шу сабабли махсус ишлаб чиқариш технологик таҳлилхонасини самарали фаолияти кўпгина шароитларга боғлиқ бўлиб, улар ичида таҳлилхона овқатланиш маҳсулотларини замонавий физик-кимёвий тадқиқотларининг кўлами, тавсифи, моҳияти ва бажариш техникасини ёритишга қаратилган методик материаллар билан таъминлаш катта аҳамиятга эга.

Овқатланиш корхоналарида ишлаб чиқариладиган маҳсулотларни юқори сифатини таъминлаш корхона ишчи ходимларини замонавий физико-кимёвий назорат усуллари ҳақида билимларига эга бўлишларини талаб қилади. Шу нуқтаи назардан “Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқотларининг физик-кимёвий услублари” фани “Сервис (аҳоли ва туристларни овқатлантириш хизмати)” таълим йўналишида таълим олаётган бакалавриатура талабалари учун алоҳида ўрин эгаллайди.

“Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқотларининг физик-кимёвий услублари” курсини дастурига мувофиқ, унда озиқ-овқат маҳсулотларини асосий умумий тадқиқот усуллари чуқур ўрганиш назарда тутилган. Бунда ҳар бир усулни аниқ бажариш услубини баён этишдан олдин уни асосида ётучи ҳодиса ва жараёнлар моҳиятини батафсил ёритиш мақсад қилиб қўйилган. Курс материални бундай баён этилиши усуллар асосини тушуниш ва улардан ҳоҳлаган озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда оқилона фойдаланиш имконини беради.

1 БОБ

Озиқ-овқат маҳсулотлари сифатини баҳолаш усул ва мезонлари

Озиқ-овқат маҳсулотларини сифатини таҳлил этиш дейилганда ушбу маҳсулотлар хусусиятларини меъёрий ҳужжатларда назарда тутилган асосий озиқавий қиймат ва ҳавфсизлик кўрсаткичларига мос келишини аниқлаш тушунилади.

1.1. Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишининг асосий усуллари

Тайёр озиқ-овқат маҳсулотлари сифатини ишлаб чиқариш шароитида баҳолашда органолептик, микробиологик ва физик-кимёвий каби учта асосий усуллар гуруҳидан фойдаланилади.

Органолептик (сенсорли) таҳлил тайёр маҳсулотни таъми, ҳиди, консистенциясини, структурасини, рангини, шакли, ўлчами, ташқи кўриниши ва юзаси ҳолатини баҳолашдан иборатдир. Бундай таҳлил кўриш, ҳид билиш ва таъмни сезиш органлари ёрдамида амалга оширилади ва ҳеч қандай махсус жиҳоз, қимматбаҳо реактивларга эҳтиёж сезмайди. Тайёр маҳсулотга уни органолептик баҳолаш натижасида бериладиган баҳо холислиги фақат бракерни (ушбу таҳлилни амалга ошираётган шахс) етарлича тайёргарлиги билан белгиланади. Ушбу савол бўйича махсус адабиётларни ўрганиш (сенсорли таҳлилни ўтказиш бўйича кўрсатмалар ва баллар бериш жадваллари) ва доимий амалий фаолият орқали қисқа фурсатда бракерни тегишли тайёргарлигига эришиш мумкин. Шунай қилиб, органолептик таҳлилни афзаллиги унинг оддийлиги ва уни амалга ошириш учун кам воситалар зарурлиги ҳисобланади.

Сенсорли таҳлилни асосий камчилиги бунда олинадиган ахборот кўламини кенг бўлмаслигидир. Биринчидан, бу ижобий (юқори)

органолептик баҳолашга тегишли бўлиб, органолептик кўрсаткичлари бўйича барча талабларга жавоб берувчи маҳсулот шу асосда нафақат унга хос бўлган тўла озикавий қийматга эга эканлиги, балки умуман олганда, соғлиқ учун хавфсиз эканлиги тан олинishi мумкин эмас. Буни шундай тушунтириш мумкинки, ишлаб чиқарилган маҳсулотни таркибида инсон организми учун хавфли бўлган баъзи моддаларни (масалан, радионуклидлар ёки оғир металл тузлари) мавжуд бўлиши ва маҳсулот қийматини белгиловчи қатор зарурий кимёвий бирикмаларни (масалан, витаминлар) бўлмаслиги кўпгина ҳолларда уни органолептик кўрсаткичларига ҳея қандай акс этмайди. Иккинчидан, маҳсулот ҳолатини органолептик баҳолаш сифатли тавсифга эга бўлиб, уни истеъмолчи соғлиги учун хавфсизлиги ёки озикавий тўлақонлиги ҳақида якуний хулоса чиқариш, ҳозирда қатор микдорий кўрсаткичларни (маҳсулотда модда микдорини маълум қийматдан “кам эмас” ёки “кўп эмас”лиги) жалб этишни тақозо этади.

Микробиологик услубларни озик-овқат корхоналарида тайёр маҳсулотни назорат этиш жараёнидаги аҳамияти ишлаб чиқариладиган маҳсулот турига боғлиқ бўлади.

Бактериологик таҳлил табиатига кўра соғлиқ учун, баъзи ҳолларда эса инсон ҳаёти учун хавфли бўлган патоген (касаллик туғдирувчи) микроорганизмлар билан зарарланиши мумкин бўлган хом-ашёни қайта ишлаш билан шуғулланувчи барча корхоналар учун уларни ишлаб чиқариш қувватига боғлиқ бўлмаган ҳолда мажбурий ҳисобланади. Бунда фақат майда қувватли корхоналар учун хусусий бактериологик лабораторияни бўлмаслигига ва микробиологик таҳлилларни шартномага кўра аккредитация қилинган лабораторияларда ўтказишга рухсат берилади. Агар микробиологик таҳлиллар корхонани ишлаб чиқариш лабораториясида амалга оширилса, шуни назарда тутиш жоизки, улар фақат тегишли соҳа мутахассислари томонидан ўтказилиши мумкин. Шундай қилиб, микробиологик услублар озик-овқат саноатини қатор соҳаларида тайёр маҳсулотни таҳлил этишда, уни истеъмолчилар учун хавфсизлигини аниқлашда катта аҳамиятга эга.

Аммо микробиологик услублар гуруҳи бевосита маҳсулотлар кимёвий таркибини аниқлаш билан боғлиқ бўлган озиқавий қийматни баҳолашга нисбатан анча кам маълумотлар олиншини таъминлайди. Бундай баҳолашни фақат тайёр маҳсулотни физик-кимёвий таҳлил этиш ёрдамида амалга ошириш мумкин.

Физик-кимёвий таҳлил маҳсулотни физик-кимёвий хусусиятларини бевосита тадқиқот этишни, жумладан ундаги фойдали ва зарарли элементлар ва бирикмалар миқдорини аниқлашни тақозо этади.

Органолептик, микробиологик ва асосан физик-кимёвий услублар ёрдамида аниқланган кўрсаткичлар тўплами таҳлил этилаётган маҳсулотни озиқавий қиймати ва хавфсизлиги тўғрисида асосли хулоса чиқариш имконини беради. Озиқавий қиймат ва хавфсизлик ҳар бир озиқ-овқат маҳсулотини асосий сифат мезонлари ҳисобланади.

1.2. Озиқ-овқат маҳсулотларини озиқавий ва энергетик қиймати

Озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш ва овқатланишни ташкил этиш билан боғлиқ бўлган амалий ишда озиқавий, биологик ва энергетик қиймат каби тушунчалар мавжуд. Барча ушбу тушунчалар озиқ-овқат маҳсулотларини уларни кимёвий таркибига боғлиқ ҳолда фойдалилигини тавсифлайди ва алоҳида озиқавий моддаларни инсон организмидаги метаболик ўзгаришлари хусусиятларига асосланади.

“Озиқавий қиймат” тушунчаси энг кенг умумий тушунча ҳисобланади. У маҳсулотни, ундаги қатор моддалар миқдорини баҳолаш билан боғлиқ бўлган, фойдали хусусиятларини тўлиқ кўламини акс эттиради.

“Биологик қиймат” ва “энергетик қиймат” кўпроқ хусусий тушунчалар ҳисобланади.

Маълумки, озиқ-овқат билан инсон организмига уни нормал фаолияти учун зарур бўлган кимёвий моддалар келиб тушади. Бу моддалар организмни

энергетик сарфларининг тиклашни таъминлайди ва янги хужайра структураларини қуриш манбалари сифатида хизмат қилади. Булар жумласига, муҳим ҳаётӣй функцияларни ростлашнинг мураккаб жараёнларида иштирок этувчи бирикмалар ҳам тегишлидир. Шунини таъкидлаш лозимки, инсон организмида ушбу моддаларни (сув, минерал тузлар, баъзи пастмолекуляр органик бирикмалардан ташқари) озиқ-овқат маҳсулотларида мавжуд бўлган шакллари сифатида фойдаланилиши кузатилмайди. Дастлаб, уларни овқат ҳазм қилиш трактида майда структурали компонентларга парчаланиши рўй беради. Сўнгра бу компонентлар турли орган ва тўқималарда кечаётган реакцияларга киришиб организм учун зарур материаллар ҳосил қилинади. Аммо, шундай катта кимёвий бирикмалар гуруҳи мавжудки, уларни одам организми мустақил равишда синтез қила олмайди ва уларни фақат озиқ-овқат билан олиши мумкин. Бундай моддалар эссенциал (алмаштирилмайдиган) деб номланган.

Барча ҳаётӣй муҳим функцияларни нормал ҳолатини сақлаш учун одам озиқ-овқат билан доимий равишда қуйидаги бешта асосий гуруҳ моддаларини олиши керак:

- оқсиллар, ёғлар ва углеводлар;
- алмаштирилмайдиган аминокислоталар;
- алмаштирилмайдиган ёғ кислоталари;
- витаминлар;
- минерал элементлар.

Озиқ-овқат билан қабул қилинган **оқсиллар** организмда пластик ва энергетик функцияларни бажаради. Оқсиллар алмаштирилмайдиган ва алмаштириладиган аминокислоталар манбаи ҳисобланиб, улар организмни барча оқсилларини, шунингдек кўпгина бошқа биомолекулаларни биосинтез қилинишида қуриш материали сифатида фойдаланилади. Аминокислоталарни углевод склетини оксидланиш жараёнлари энергия ажралиши билан кечади ва у организмни умумий энергетик захирасида муҳим ҳисса ҳисобланади. Озиқ-овқат билан келиб тушган 1 г оқсилни

оксидланиши натижасида (оксилни ўртача ҳазм бўлиши тахминан 84,5 % эканлигини ҳисобга олганда) тахминан 4 ккал энергия ажралади. Одам организмини оксилларга бўлган ўртача кунлик эҳтиёжи 85-90 г ни ташкил қилади.

1 г **углеводларни** оксидланишида оксиллардаги каби энергия (тахминан 4 ккал) ажралиб чиқсада, углеводларни организмда парчаланиши энергияни асосий қисмини ҳосил қилиниши билан кечади. Бу ҳолатни овқатланиш рационада углеводли маҳсулотлар улушини юқорилиги билан изоҳлаш мумкин. Углеводлар энергетик алмашинувда иштирок этишидан ташқари, кўпгина ҳужайра структураларини биосинтез қилинишида олд моддалар сифатида муҳим аҳамиятга эга. Углеводлар синфига озикавий толалар: клетчатка, пектин, гемилцеллюлоза ва бошқалар ҳам тегишлидир. Озикавий толалар одам организмида ҳазм қилинмаслиги ва метобализмда иштирок этмаслигига қарамасдан озиқ-овқатни физиолгик муҳим компонентлари ҳисобланади, чунки улар ичак деворларини нормал қисқаришида, шунингдек заҳар ва токсинларни сорбция қилинишида ўта зарурдир. Одамни углеводларга бўлган ўртача кунлик эҳтиёжи 400-500 г ни ташкил этади.

Озиқ-овқатлардаги ҳам ҳайвонлар, ҳам ўсимлик ёғлари (триглицеридлар) асосий энергия манбаи ҳисобланади. Ёғларни ўртача ҳазм бўлиши 94 %ни ташкил этилишини ҳисобга олган ҳолда, озиқ-овқатдаги 1 г ёғни оксидланишида ажралаётган энергия 9 ккал ни ташкил этиши аниқланган. Бундан ташқари, ёғлар холестерин ва бошқа стероидларни синтез қилиниши учун углерод атомларини манбаи ҳисобланади. Организмни ёғларга бўлган кунлик эҳтиёжи 80-100 г ни ташкил тади.

Алмаштирилмайдиган аминокислоталар оксил молекулаларини ҳосил бўлишида иштирок этадиган 20 та табиий аминокислоталардан 8 таси одам организмида синтез қилинмайди ва алмашинмайдиган ҳисобланишади. Булар: лизин, треонин, триптофан, метионин, фенилаланин, лейцин, изолейцин ва валин. Бу аминокислоталарни барчаси организмга оксиллар

таркибида келиб тушишади. Ушбу аминокислоталарга хайвон оксиллари жуда бой. Алмашинувни нормал даражаси учун талаб қилинадиган алмаштирилмайдиган ва алмаштириладиган аминокислоталарни ўзаро нисбати ўсимлик ва хайвон оксилларини озиқ-овқатдаги 9:10 нисбатида кузатилади.

Алмаштирилмайдиган ёғ кислоталари. Алмаштирилмайдиган ёғ кислоталарига таркибида $-CH=CH-CH_2-CH=CH$ гуруҳи мавжуд бўлган тўйинмаган кислоталар тегишлидир. Ушбу кислоталар хужайра мембраналарини қуриш учун зарур. Улардан энг маълумлари линолат ва линолеант кислоталари бўлиб, улар зиғир, соя, чигит ва бошқа ўсимлик ёғларида ва баъзи фосфолипидларда учрайди. Алмаштирилмайдиган ёғ кислоталари организмга ўсимлик асосидаги озиқ-овқат маҳсулотларидаги ёғ ва ёғсимон моддалари таркибида келиб тушади. Озиқ-овқатдаги ўсимлик ва хайвон ёғларини оптимал ўзаро нисбати 3:7 ҳисобланади.

Витаминлар. Витаминлар организмда кечадиган мураккаб метаболик жараёнларда иштирок этиб, қатор муҳим биокимёвий функцияларни бажаради. Шунини ҳам таъкидлаш керакки, биокатализаторлар, ферментлар иштирокида организмда кечадиган кўпгина реакциялар ҳар бир шундай каталитик реакциялар учун маълум бўлган витаминларни (кофермент) иштирокисиз кечмайди. Витаминлар организм учун унчалик катта бўлмаган миқдорларда зарур бўлади. Витаминларни организм учун зарур бўлган миқдорлари миллиграммда, ҳаттоки микрограммда ифодаланади.

Минерал (неорганик) моддалар организмда турли функцияларни бажаради. Улар суяк ва тишларни структуравий компоненти ҳисобланади, қон ва тўқималардаги сув-туз баллансини меъёрида сақлашда иштирок этишади ва кўпгина ферментатив реакциялар кечишини ростлайди. Минерал моддалар макро- ва микроэлементларга бўлинади. Микроэлементлар (кальций, магний, фосфор ва бошқалар) организмга грамм миқдорларида талаб қилинса, микроэлементларга (темир, мис, рух ва бошқалар) бўлган талаб эса миллиграмм ёки ҳатто микрограммларда ўлчанади.

Шундай қилиб, озиқ-овқат маҳсулотларини сифатини баҳолаш ва “фойдалилиги”ни тавсифлаш учун “озиқавий қиймат” тушунчаси киритилган. Озиқавий қиймат маҳсулот хусусиятлари мажмуаси бўлиб, уни организмни озиқавий моддалар ва энергияга бўлган физиологик эҳтиёжларини қондира олиш қобилиятини белгилайди. Озиқавий қиймат аввало озиқ-овқат маҳсулотини кимёвий таркибига боғлиқ.

Маҳсулотларни озиқавий қиймати маҳсулотни энг муҳим ҳар бир компонентларини оқилона овқатланиш формуласига мос келиши фоизини (интеграл скор) ҳисоблаш йўли билан аниқланади.

Оқилона овқатланиш формуласи 1.1-жадвалда келтирилган.

Оқилона овқатланиш дейилганда организмни нефақат етарли миқдорда энергия, оқсил, ёғ, углеводлар, минерал моддалар, витаминлар ва бошқа алмаштирилмайдиган овқатланиш омиллари билан таъминланганлиги, шунингдек бу моддаларни оқилона нисбатларда келиб тушиши ҳам тушунилади. Масалан, оқилона овқатланиш формуласига кўра оқсил, ёғ, углеводлар ўртасидаги 1:1:4, ўсимлик ва ҳайвон ёғлари ўртасидаги 1:3, кальций ва фосфор ўртасидаги 1:1,5÷1,8, кальций ва магний ўртасидаги 1:0,6, оқсил ва С витамини ўртасидаги 1:1000 (яъни 1 г оқсилга 1 мг С витамини келиб тушиши керак) ва ҳоказо нисбатлар оптимал ҳисобланади.

Интеграл скорни энергия бирликларида ифодалашда овқатланишни энг муҳим омилларини ҳисоблаш маҳсулотни маълум энергетик қийматида (300 ккал (1255 кЖ) ёки 1000 ккал (1255 кЖ)) амалга оширилади. Ҳисоблаш учун 300 ккал (1255 кЖ) энг қулай бўлиб, у кунлик энергия сарфларини ўртача 10 %ни ташкил этади.

Оқилона овқатланиш формуласи*

Озиқавий моддалар	Кунлик талаб	Озиқавий моддалар	Кунлик талаб
Сув, л	1750-2200	калий	2500-5000
Оқсил, г	80-100	хлоридлар	5000-7000
жумладан: ҳайвон оқсиллари	50	магний	300-500
Алмаштирилмайдиган аминокислоталар, г:		темир	15
тирптофан	1	рух	10-15
лейцин	4-	марганец	5-10
изолейцин	3-4	мис	2
валин	3-4	кобальт	0,1-0,2
треонин	2-3	молибден	0,5
лизин	3-5	фторидлар	0,5-1,0
метонин	2-4	йодидлар	0,1-0,2
фенилаланин	3-4	Витаминлар, мг:	
Углеводлар, г	400-500	С витамини	50-70
жумладан: крахмал	400-500	тиамин (В ₁)	1,5-2,0
моно- ва дисхаридлар	50-100	рибофлавин (В ₂)	2,0-2,5
Органик кислоталар (лимон, сут ва бошқалар)	2	пантотенат кислотаси (В ₃)	5-10
Балласт моддалар (клетчатка, пектин)	25	пиридоксин (В ₆)	2-3
Ёғлар, г	80-100	В ₁₂ витамини	0,002-0,005
жумладан: ўсимлик ёғлари	20-25	ниацин (РР)	15-25
алмаштирилмайдиган тўлиқ тўйинмаган ёғ кислоталари	2-6	биотин	0,15-0,30
холестерин	0,3-0,6	фолацин (В ₉)	0,2-0,4
фосфолипидлар	5	Д витамини	0,0025-0,01
Минерал моддалар, мг:		А витамини	1,5-2,5
кальций	800-1000	Е витамини	10-20
фосфор	1000-1500	К витамини	0,2-0,3
натрий	4000-6000	Энергетик қиймати	
		ккал	2850
		кЖ	11900

* - формула баъзи қисқартиришлар билан келтирилган.

Интеграл скорни ҳисоблаш сут мисолида келтирилган бўлиб, уни 100 граммни кимёвий таркиби ва энергетик қиймати 1.2-жадвалда келтирилган.

Жадвалдан 100 г сут 58 ккал (243 кЖ) га мос келиши кўриниб турибди. Демак, 300 ккал (1255 кЖ) 517 г сутда мавжуд бўлади. Шунинг учун, 517 г сутда мавжуд бўлган оксил, ёғ, минерал моддалар ва витаминлар миқдори оқилона овқатланиш формуласини тегишли кўрсаткичлари билан таққосланади ва кунлик эҳтиёжни қондириш фоизи ҳисобланади.

1.2-жадвал

Сутни интеграл скорини ҳисоблаш

Сутни таркиби	Овқатланиш омилларини миқдори, г		Оқилона овқатланиш формуласига мос келиш даражаси
	100 г сут учун	517 г сут учун	
Оксил	2,8	14,5	13,1
Ёғлар	3,2	16,5	20,6
Лактоза	4,7	24,3	6,1
Минерал моддалар, мг:			
Натрий	50	258,5	6,5
Калий	146	754,8	30,2
Кальций	121	625,6	78,2
Магний	14	72,4	24,1
Фосфор	91	470,5	47,0
Темир	6,1	51,7	344,7
Витаминлар, мг:			
Аскорбин кислотаси (С)	9	46,5	93
Тиамин (В ₁)	0,03	0,155	10,3
Рибофлавин (В ₂)	0,13	0,672	33,6
Ниацин (РР)	0,10	0,517	3,45
А витамини	0,02	0,103	6,86
Энергетик қиймати			
ккал	58	300	
кЖ	243	1255	

Энергетик қиймат. Озиқ-овқат маҳсулотини энергетик қиймати ушбу маҳсулот таркибига кирувчи бирикмаларни организмдаги биологик оксидланиши жараёнда ажралиб чиқаётган энергия миқдорини тавсифловчи кўрсаткич ҳисобланади.

Энергетик қиймат кўрсаткичи 100 г маҳсулот (уни истеъмол қилинадиган қисми) учун ҳисобланади ва одатда, килокалорияларда ифодаланади.

Инсон организмдаги биологик оксидланишда юқорида таъкидланганидек, 1 г оқсилдан 4 ккал, 1 г ёғдан 9 ккал ва 1 г углеводлардан 4 ккал энергия ажралиб чиқади.

Маҳсулотлар энергетик қийматини ҳисоблаш учун ундаги оқсил, ёғ ва углеводлар миқдорини тегишли энергетик қиймат коэффициентига кўпайтириш керак. Рецепттура асосида ишлаб чиқариладиган маҳсулотлар (таомлар, қандолат маҳсулотлари ва бошқалар) энергетик қийматини ҳисоблаш шу маҳсулот рецептураси ва уни ишлаб чиқариш технологик кўрсатмасига асосланади. Бу ҳолда рецепттурада кўрсатилган ҳар бир компонентни энергетик қиймати ва сарфи ҳисобга олинади. Рецепттурадаги алоҳида компонентлар энергетик қийматини ҳисоблаш учун уларни кимёвий таркиби, “Химический состав пищевых продуктов” (Скурихин И.И. ва Волгаров М.Н. таҳрири остида, М, 1987) китобидаги жадваллар асосида аниқланиши зарур. Сўнгра компопнетлардаги тегишлича оқсил, ёғ ва углеводлар миқдори ҳақидаги маълумотлар кўшилади. Таомлар энергетик қийматини ҳисоблашда уларни кимёвий таркиби ҳақидаги бу олинган маълумотларга озиқ-овқат маҳсулотларига пазандалик ишлов беришдаги озиқавий моддаларни йўқолиш тузатишлари киритилади. Озиқавий моддаларни йўқолиш тузатишлари аралаш овқатланиш рационада ўртача оқсиллар учун 6 %, ёғлар учун 12 % ва углеводлар учун эса 9 % қабул қилинади. Бу ҳолда энергетик қийматни ҳисоблаш қуйидаги формула бўйича амалга оширилади:

$$X = 4(B - B_1) + 9(J - J_1) + 4(Y - Y_1),$$

бу ерда X - таом, овқатланиш рационини энергетик қиймати, ккал;

B, J, Y - тегишлича оқсил, ёғ ва углеводларни таом, овқатланиш рационадаги миқдори, г;

B_1, J_1, Y_1 - пазандалик ишлов беришда таомдаги тегишлича

оқсил, ёғ ва углеводларни йўқотишлари, г;

4, 9, 4 - тегишлича оқсил, ёғ ва углеводларни энергетик қиймат
коэффициентлари, ккал.

Баъзи озиқ-овқат маҳсулотларини озиқавий ва энергетик қийматлари
1.3-жадвалда келтирилган.

Қуйида ёғлиги 3,2 % бўлган пастерланган сутни энергетик қийматини
ҳисоблаш тартиби келтирилган.

1.3-жадвалга кўра, 100 г пастерланган сутда 3,2 г ёғ, 2,8 г оқсил ва 4,7 г
лактоза мавжуд. У ҳолда бу компонентларни энергетик қийматлари
қуйидагини ташкил қилади:

ёғ учун $3,2 \times 9 = 28,8$ ккал;

оқсил учун $2,8 \times 4 = 11,2$ ккал

лактоза учун $4,7 \times 4 = 18,8$ ккал.

Демак, 100 г пастерланган сутни энергетик қиймати қуйидагини
ташкил қилади:

$28,8 + 11,2 + 18,8 = 58,8$ ккал.

1.3-жадвал

Баъзи озиқ-овқат маҳсулотларини озиқавий ва энергетик қиймати

Маҳсулот	Сув, г	Оқсил, г	Ёғ, г	Моно- ва дисахарилар,	Крахмал, г	Клетчатка, г	Кул, г	Минерал моддалар, мг						Витаминлар, мг				Энергетик қиймат, ккал/100
								Na	K	Ca	Mg	P	Fe	β-каротин	B ₁	B ₂	PP	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Олий навли буғдой уни	14,0	10,3	1,1	0,2	68,7	0,1	0,5	3	122	18	16	86	1,2	-	0,17	0,04	1,20	334
I навли буғдой уни	14,0	10,6	1,3	0,5	67,1	0,2	0,7	4	175	24	44	115	2,1	из.	0,25	0,08	2,20	331
II навли буғдой уни	14,0	11,7	1,8	0,9	62,8	0,6	1,1	6	251	32	73	184	3,9	0,01	0,37	0,12	4,55	324
Маккажўхори уни	14,0	7,2	1,5	1,3	68,9	0,7	0,8	-	-	-	-	-	-	0,2	0,40	0,13	1,80	330
Шакар	0,14	-	-	99,8	-	-	0,03	1	3	2	из.	из.	0,3	-	-	-	-	379
Картошка крахмали	20,0	0,1	из.	из.	79,6	из.	0,3	6	15	40	из.	77	из.	-	-	-	-	327
Маккажўхори крахмали	13,0	1,0	0,6	из.	85,2	из.	0,2	30	-	17	1	20	из.	-	-	-	-	359
Ёғлилиги 3,2% пастерланган сут	88,5	2,80	3,2	4,70	-	-	0,7	50	146	120	14	90	0,060	0,02	0,04	0,15	0,10	58
Ёғлилиги 2,5% пастерланган сут	89,1	2,82	2,5	4,73	-	-	0,7	50	146	120	14	90	0,060	0,01	0,04	0,15	0,10	52
Герметик қадоқланган, курук ёғли сут	4,0	26,0	25,0	37,5	-	-	6,0	400	1200	1000	119	790	0,5	0,10	0,27	1,30	0,70	476

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Герметик қадокланган, ёғсиз курук сут	4,0	37,9	1,0	49,3	-	-	6,8	442	1224	1155	160	920	0,5	сл.	0,30	1,80	1,20	350
Қуюлтрилган шакарли сут	26,0	7,2	8,5	12,5	-	-	1,8	130	365	307	34	219	0,2	0,04	0,06	0,38	0,20	320
Тузланмаган сариёғ	16,0	0,5	82,5	0,8	-	-	0,2	7	15	12	0,4	19	0,2	0,38	из.	0,10	из.	748
Голланд пишлоғи	40,5	26,0	26,8	-	-	-	4,7	1100	100	1040	50	540	1,2	0,17	0,03	0,38	0,20	352
Рафинацияланган кунгабоқар мойи	0,1	-	99,9	-	-	-	из.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	899
Рафинацияланган пахта мойи	0,1	-	99,9	-	-	-	из.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	899
Картошка	76,0	2,0	0,4	1,3	15,0	1,0	1,1	28	568	10	23	58	0,9	0,02	0,12	0,07	1,30	80
Пиёз	86,0	1,4	-	9,0	0,1	0,7	1,0	18	175	31	14	58	0,8	из.	0,05	0,02	0,20	41
Сарик сабзи	89,0	1,3	0,1	6,0	0,2	0,8	0,7	30	234	46	26	40	0,6	1,10	0,10	0,02	1,00	30
Анжир	82,0	0,7	0,2	11,2	из.	2,5	1,1	18	190	-	-	-	3,2	0,05	0,06	0,05	0,50	49
Шафтоли	86,0	0,9	0,1	9,5	из.	0,9	0,6	30	363	20	16	34	0,6	0,50	0,04	0,08	0,70	43
I категорияли қўй гўшти	67,3	15,6	16,3	-	-	-	0,8	80	270	9	20	168	2,0	-	0,08	0,14	3,8	209
I категорияли мол гўшти	64,5	18,6	16,0	-	-	-	0,9	65	325	9	22	188	2,7	-	0,06	0,15	4,7	218
Мол гўшти колбаси	70,0	15,0	11,7	-	-	-	3,3	959	281	23	21	209	3,5	-	0,06	0,13	3,50	165
Товук тухуми	74,0	12,7	11,5	0,7	-	-	1,0	134	140	55	12	192	2,5	-	0,07	0,44	0,19	157
Щи концентрати	11,0	8,4	15,8	20,0	20,5	7,0	16,0	4813	1206	261	87	194	5,7	-	-	-	-	338
Палов концентрати	10,0	13,9	14,7	8,6	44,6	1,9	4,6	1870	348	74	42	194	2,7	-	-	-	-	406

1.3. Озиқ-овқат маҳсулотларини хавфсизлиги

Ҳозирги вақтда озиқ-овқат маҳсулотлари ассортиментини узлуксиз кенгайтириш, овқатланиш характерини ўзгариши, озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш, сақлаш ва тақсимлашда янги технологик жараёнларни тадбиқ этилиши, кўп миқдорда турли кимёвий бирикмаларни ишлатилиши ва бошқалар рўй бермоқда. Буларни ҳаммаси кўп ҳолларда инсон организми учун бефарқ эмас. Токсик моддаларни озиқ-овқат маҳсулотларига келиб тушиши нуқтаи назаридан маълум хавфларни атроф-муҳитни саноат чиқиндилари билан ифлосланилиши, шунингдек қишлоқ хўжалигида химикатлар ишлатилишини ўсиб бориши юзага келтирмоқда.

Озиқ-овқат маҳсулотлари билан боғлиқ турли хавфларни бир неча гуруҳларга бирлаштириш мумкин. Ҳар бир ушбу гуруҳлардаги хавф-хатар учта асосий мезонлар: оғирлиги, қайтарилиш частотаси ва эффектни юзага келиши вақти асосида баҳоланади. Хавфни оғирлиги кучсиз намоён бўлган ва вақтинчалик нохушлиқдан жиддий қайтувчан, ҳаттоки қайтмас оқибатларгача (жумладан, ўлим ҳолати ҳам) ўзгарадиган эффектни тури билан боғланади. Қайтарилиш частотаси ушбу эффектни пайдо бўлиши ҳолатларининг сони ёки интенсивлигига тегишли. Хавфни юзага келиши вақти эса хавф таъсиридан кейин эффектни пайдо бўлиши вақтини кўрсатади.

Ушбу хавф-хатар мезонларини миқдорий баҳолаш бир хил қийинчиликлар билан кечмайди. Баъзи ҳолларда инсон организмни бевосита кузатиш мумкин, кўпгина ҳолларда эса эпидемиологик тадқиқотлар, лаборатория ҳайвонларидаги тажрибалар ва бошқа таҳлил тизимларига асосланган маълумотлар мавжуд бўлади.

Хавф-хатар мезонларидан фойдаланиб, хавф турлари бешта синфларга гуруҳланса, хавф-хатарларни минималдан максималгача бўлган қуйидаги тақсимланишини ҳосил қилиш мумкин:

- келиб чиқиши микробли бўлган хавфлар;

- озиқавий моддалар хавфлари;
- ташқи муҳит томонидан ифлосланиш билан боғлиқ бўлган хавфлар;
- келиб чиқиши табиий бўлган хавфлар;
- озиқавий қўшимчалар ва бўёқлар хавфлари.

Озиқ-овқат маҳсулотлари кўпгина касалликларни патоген ва токсиген агентларини ташувчилари ҳисобланиши мумкин. Озиқ-овқат маҳсулотларини истеъмол қилиниши билан боғлиқ касалликлар кўзғатувчилари ўзларини турли-туманлиги билан тавсифланади. Уларни баъзиларини таъсири озиқ-овқат маҳсулотларини истеъмол қилишга қадар, унда микроорганизмларни ривожланишида ҳосил бўлган токсик метаболитлар билан белгиланади (масалан, стафилококкли озиқавий захарланишлар ва ботулизм). Бошқаларини таъсири эса тирик микроорганизмларга эга бўлган маҳсулотларни истеъмол қилинишидан келиб чиқади (масалан, сальмонеллалар). Баъзи ҳолларда кўп миқдорда тирик микроорганизмлар истеъмол қилинганда, уларни овқат ҳазм қилиш трактида споралар ҳосил қилиши ва токсин ажратилиши кузатилади.

Микроорганизмлар келтириб чиқарадиган оқибатлар оғирлиги вақтинчалик нохушлиқдан, ботулизмдаги ўткир токсик эффектгача ўзгариши мумкин. Ушбу касалликларни қайтарилиши частотаси йил давомида бир неча минг ҳолатларни ташкил этиши мумкин.

Озиқавий омиллар билан боғлиқ бўлган озиқ-овқат маҳсулотларини хавфлари озиқавий моддаларни етишмаслиги ва меъёридан юқорилиги нуқтаи назаридан қаралиши мумкин. Озиқавий моддаларни етишмаслиги цинга, пеллагра, рахит, бери-бери каби касалликларни юзага келтириши маълум. Аммо, озиқавий моддаларни, жумладан ёғда эрувчи витаминларни ва баъзи микроэлементларни меъёридан юқорилиги ҳам зарарли. Бу муаммолардан ташқари ёмон овқатланиш билан боғлиқ турли масалалар ҳам мавжуд. Масалан, ёмон овқатланиш натижасида организмни юқумли касалликларга, озиқ-овқат маҳсулотлари келтириб чиқарган касалликларга, шунингдек атроф-муҳитдаги ифлосланишлар таъсирига юқори мойиллиги

юзага келади. Бундан ташқари, ҳозирги пайтда витаминлар, микроэлементлар ва бошқа моддаларни кўп миқдорда қабул қилинишини одам соғлигига салбий таъсир қилиши ҳақида ҳам маълумотлар мавжуд. Озиқавий моддалар хавфларини қайтарилиш частотасини миқдорий белгилаш анча қийин. Шуни таъкидлаш мумкинки, озиқавий моддаларни етишмаслиги, витаминлар ва минерал моддаларни токсиклиги билан боғлиқ касалликларни юзага келиш ҳолатлари унчалик юқори эмас.

Ташқи муҳитдан келиб тушадиган ифлосланишларга микроэлементлар, металл органик бирикмалар (мишьяк, симоб, кадмий, қўрғошин ва қалай) ва қатор органик бирикмалар (полихлордифеноллар, пестицидлар) тегишли. Ташқи муҳитдан келиб тушаётган ифлосланишлар озиқавий занжирга биоаккумуляция қилиниши ва биотрансформацияга учраб токсикликни ошириши мумкин. Ушбу хавфларни оғирлиги уларни таъсир муддати ва даражасига кўра кенг чегараларда ўзгаради. Ташқи муҳитдан келиб тушаётган ифлосланишлар эффеқтини пайдо бўлиш частотасини миқдорий баҳолаш қийин. Буни фақат билвосита, яъни токсиклик ҳақидаги маълумотларни ушбу моддаларни озиқ-овқат маҳсулотларида аниқлашда олинган экспозиция маълумотлари билан солиштириш йўли билан ифодалаш мумкин.

Табиий шароитда озиқ-овқат маҳсулотларида мавжуд бўлган бир неча юз минг бирикмаларни қисман келиб чиқиши микробли моддаларга ва қисман ташқи муҳитдан келиб тушаётган ифлосланишлар гуруҳига тегишли деб топилиши мумкин. Аммо, уларни озиқ-овқат маҳсулотларидаги муҳим аҳамиятини ҳисобга олган ҳолда алоҳида хавф гуруҳига жамлаш маъқулдир. Бундай моддаларни унчалик катта бўлмаган қисми маълум бўлиб, уларни ичида ҳам ўткир ва сурункали тксик таъсирга эга бўлган бирикмалар мавжуд.

Бу бирикмаларга ўсимлик маҳсулотларида учрайдиган моддаларни катта синфи тегишли (шпинатдаги оксалатлар, картошкадаги гликоалколоидлар, замбуруғ заҳарлари ва бошқалар). Бу моддаларга, шунингдек микроэлементлар ва замбуруғлар билан зарарланишга мойил

бўлган дон ва бошқа маҳсулотларда учрайдиган токсикологик муҳим микотоксинлар ҳам тегишли (масалан, афлатоксинлар, охратоксинлар, патулин, зеароленон ва бошқалар). Келиб чиқиши табиий бўлган бошқа муҳим ифлосланишларга пиरोлизидинли алколоидлар ва косалиларни фалаж этувчи захари тегишли. Бундан ташқари, маҳсулотларни сақлаш, ишлов бериш ва тайёрлашда ҳам кўпгина бирикмалар (масалан, нитрозоаминлар, кўп ядроли ароматик углеводородлар) ҳосил бўлишини таъкидлаш зарур.

Зарарланишни оғирлиги нуқтаи назаридан бу бирикмалар синфи юқори токсик моддалар, шунингдек кучли канцорегенларга эга. Ушбу компонентлар таъсирида кузатиладиган эффектларни пайдо бўлиши частотасини аниқ ўлчаш қийин, аммо озиқ-овқат маҳсулотларида афлатоксинларни мавжуд бўлиши уларга нисбатан диққатни қаратиш зарурлигини тақозо этади.

Озиқавий қўшимчалар ва бўёқлар синфи 2000 дан ортиқ тўғридан-тўғри, 1000 га яқин билвосита солинадиган қўшимчаларни қамраб олади. Аммо, кўпгина билвосита қўшимчалар, эҳтимол якуний маҳсулотларда сақланиб қолинмайди. Ушбу категорияга қишлоқ хўжалик ҳайвонлари рационига кирувчи бир неча юз доривор препаратларни ҳам киргизиш зарурдир.

Кўпгина тўғридан-тўғри солинадиган озиқавий қўшимчалар умумқабул қилинган хавфсиз моддалар ҳисобланади. Бу моддалар асосан зираворлар ва таъм берувчи моддалар бўлиб, уларни баъзилари, масалан, ош тузи ва қатор зираворлар минг йиллар давомида ишлатилиб келинмоқда. Шунини таъкидлаш лозимки, умумқабул қилинган хавфсиз моддаларни 90 % одамлар томонидан истеъмол қилинганда, улар учун унчалик хавfli эмас. Билвосита қўшимчалар ишлаб чиқаришдаги ишлов бериш ва қадоқлашда ишлатилади ва озиқ-овқат маҳсулотларига тушиши мумкин. Бу қўшимчалар кўп сонли гуруҳни ташкил этади ва улар маҳсулотларда мавжуд бўлган ҳолларда ҳам уларни миқдори жуда кам. Ушбу гуруҳ компонентларини хавф-хатар мезонлари бўйича тадқиқот этиш, уларни унчалик юқори бўлмаган хавф даражасидан далолат беради.

Шундай қилиб, юқорида келтирилган озиқ-овқат маҳсулотлари билан боғлиқ хавфларни таҳлили хавфсизлик тушунчасига таъриф беришга имкон беради. Озиқ-овқат маҳсулотларини хавфсизлиги, ушбу маҳсулотларни оддий фойдаланиш шароитларида хавфсизлиги, ҳозирги ва келажак авлодлар соғлиғи учун хавф туғдирмаслиги тўғрисидаги асосланган ишончли ҳолатдир.

Юқорида келтирилган хавфлар таҳлили шуни кўрсатадики, озиқ-овқат маҳсулотлари истеъмол қилинганида одам соғлиғи учун энг юқори хавф, асосан, маҳсулот таркибида зарарли кимёвий бирикмалар борлиги ва уни касаллик туғдирувчи микроорганизмлар билан зарарланганлиги билан боғлиқ бўлади. Озиқ-овқат маҳсулотлари истеъмолчилари соғлиғи учун токсик элементлар (кўрғошин Pb, мышьяк As, кадмий Cd ва симоб Hg), микотоксинлар (афлотоксин B₁, дезоксиниваленол), пестицидлар (α , β , γ – гексахлорциклогексан, ДДТ ва уни метаболитлари) ва радионуклидлар (цезий – 137, стронций - 90) энг хавфли ҳисобланади. Истеъмолчилар учун хавфсиз деб тан олинган маҳсулотда юқорида қайд этилган барча кимёвий элементлар ва бирикмаларни миқдори санитария-эпидемиология назорати органлари томонидан белгиланган йўл қўйиладиган меъёрлардан ошмаслиги лозим. Ишлаб чиқарилган маҳсулотни ушбу меъёрларга мос келиши Давлат санитария-эпидемиология хизмати органлари томонидан назорат қилинади.

Қуйида (1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8-жадваллар) баъзи озиқ-овқат маҳсулотларини санитар хавфсизлик меъёрлари ва микробиологик кўрсаткичларига қўйиладиган талаблар келтирилган.

Сут ва сут маҳсулотларини хавфсизлик меъёрлари

Маҳсулотлар гуруҳи	Кўрсаткичлари	Йўл қўйилмаган даражалари, мг/кг, кўп эмас	Изоҳ
1. Сут, қаймоқ, айрон, зардоб, суюқ сут қатик маҳсулотлари, сметана, сут асосидаги ичимликлар	Токсик элементлар:		
	Кўрғошин	0,1	
	Мишьяк	0,05	
	Кадимий	0,05	
	Симоб	0,005	
	Мис	1,0	
	Рух	5,0	
	Микотоксинлар: афлотоксин М ₁	0,0005	
	Антибиотиклар:		
	Левомецитин	йўл қўйилмайди	< 0,01
	Тетрациклик гуруҳ	йўл қўйилмайди	< 0,01 бирлик/г
	Стрептомицин	йўл қўйилмайди	<0,5 бирлик/г
	Пенициллин	йўл қўйилмайди	<0,01 бирлик/г
	Ингибрловчи моддалар:	йўл қўйилмайди	хом сут ва қаймоқ
	Пестицидлар:		
	Гексахлорциклогексан (α , β , γ изомерлари)	0,05	сут, айрон, зардоб, сут қатик маҳсулотлари
		1,25	Қаймоқ, сметана
	ДДТ ва унинг метаболитлари	0,05	сут, айрон, зардоб, сут қатик маҳсулотлари
		1,0	Қаймоқ, сметана
	Радионуклидлар:		
	Цезий-137	100	Бк/л
	Стронций-90	25	Бк/л

Сут ва сут маҳсулотларини микробиологик кўрсаткичлари

Маҳсулотлар гуруҳи	КМАФАнМ* КОЕ/г, кўп эмас	Йўл қўйилмайдиган маҳсулот массаси, (г, см ³)		Изоҳ
		БГКП**	Патоген, жумладан салмонелалар	
1. Хом сут:				
Олий нав	3·10 ⁵	-	25	Соматик ҳужайралар 1 см ³ да 5·10 ⁵ дан кўп эмас
1 нав	5·10 ⁵	-	25	Соматик ҳужайралар 1 см ³ да 1·10 ⁶ дан кўп эмас
2 нав	4·10 ⁶	-	25	Соматик ҳужайралар 1 см ³ да 1·10 ⁶ дан кўп эмас
2. Пастерланган сут, зардоб, айрон:				
истеъмол идишларида	1·10 ⁵	0,01	25	1 см ³ да S.aureus га йўл қўйилмайди; 25 см ³ да L.monocytogenes га йўл қўйилмайди
фляга ва цистерналар да	2·10 ⁵	0,01	25	1 см ³ да S.aureus га йўл қўйилмайди; 25 см ³ да L.monocytogenes га йўл қўйилмайди
3. Пастерланган қаймоқ:				
истеъмол идишларида	1·10 ⁵	0,01	25	1 см ³ да S.aureus га йўл қўйилмайди; 25 см ³ да L.monocytogenes га йўл қўйилмайди
фляга ва цистерналар да	2·10 ⁵	0,01	25	1 см ³ да S.aureus га йўл қўйилмайди; 25 см ³ да L.monocytogenes га йўл қўйилмайди

Элсатма: * - аэроб факультатив анаэроб ва мезофил микроорганизмлар микдори;

** - ичак тайёқчалари гуруҳи бактериялари.

Мева ва сабзавот маҳсулотларини хавфсизлик меъёрлари

Маҳсулотлар гуруҳи	Кўрсаткичлари	Йўл қўйиладиган даражалари, мг/кг, қўп эмас	Изоҳ
1. Янги ва музлатилган сабзавотлар, картошка, мевалар, замбуруғлар	Токсик элементлар:		
	Кўрғошин	0,5	
		0,4	Мевалар
	Мишьяк	0,2	
		0,5	Замбуруғлар
	Кадимий	0,05	
	Симоб	0,02	
		0,05	Замбуруғлар
	Мис	0,5	
	Рух	0,02	
	Нитратлар:		
	Картошка	250	
	Карам (1 сентябргача)	900	
	Кечки карам	500	
	Сабзи (1 сентябргача)	400	
	Кечки сабзи	250	
	Помидор	150	
		300	Ҳимояловчи тупроқ
	Бодиринг	150	
		400	Ҳимояловчи тупроқ
	Ошхона лавлагиси	1400	
	Кўк пиёз	80	
	Тарвуз	60	
	Қовун	90	
	Пестицидлар:		
	Гексахлорциклогексан (α , β , γ изомерлари)	0,1	Картошка, қанд лавлагиси
		0,5	Сабзавотлар, замбуруғлар
0,05		Мевалар, узум	
ДДТ ва унинг метаболитлари	0,1		
Радионуклидлар:			
2. Картошка, топинамбур	Цезий-137	120	Бк/кг
	Стронций-90	40	Бк/кг
3. Сабзавотлар	Цезий-137	120	Бк/кг
	Стронций-90	90	Бк/кг
4. Мевалар, узум	Цезий-137	40	Бк/кг
	Стронций-90	30	Бк/кг

Мева ва сабзавот маҳсулотларини микробиологик кўрсаткичлари

Маҳсулотлар гуруҳи	КМАФАнМ КОЕ/г, кўп эмас	Йўл қўйилмайдиган маҳсулот массаси, (г, см ³)		Ачитқилар, КОЕ/г, кўп эмас	Замбуруғлар, КОЕ/г кўп эмас	Изоҳ
		БГКП	Патоген, жумладан салмонелалар			
1. Янги ва музлатилган сабзавотлар, картошка ва уларни қайта ишлаш маҳсулотлари						
Янги бутун бланшировка қилинган тез музлатилган сабзавотлар	$1 \cdot 10^4$	1,0	25	$1 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	25 г маҳсулотда <i>L.monocylogenes</i> ни бўлишига йўл қўйилмайди
Кўк ва баргли тез музлатилган сабзавотлар	$5 \cdot 10^5$	0,01	25	$5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	25 г бланшировка қилинган маҳсулотда <i>L.monocylogenes</i> ни бўлишига йўл қўйилмайди
Картошка асосидаги тез музлатилган ярим тайёр маҳсулотлар	$4 \cdot 10^4$	0,01	25	$1 \cdot 10^3$	-	
Сабзавотли пюресимон ярим тайёр маҳсулотлар	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	1 г маҳсулотда сульфит редуция қилувчи клостридиялар бўлишига йўл қўйилмайди
2. Тез музлатилган мевалар ва уларни қайта ишлаш маҳсулотлари						
Тез музлатилган силиқ донакли ва уруғли мевалар	$5 \cdot 10^5$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$	
Тез музлатилган вакуум остида қадоқланган бутун янги мевалар	$5 \cdot 10^4$	0,1	25	$2 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	
Эзилган ёки майдаланган тез музлатилган мевалар	$1 \cdot 10^5$	0,01	25	$5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	

Дон, ун, ёрма ва нон маҳсулотларини хавфсизлик меъёрлари

Маҳсулотлар гуруҳи	Кўрсаткичлари	Ўл қўйиладиган даражалари, мг/кг, кўп эмас	Изоҳ
1. Донлар, жумладан, буғдой, қора буғдой, арпа, тарик, гурунч, маккажўхори	Токсик элементлар:		
	Кўрғошин	0,5	
	Мишьяк	0,2	
	Кадимий	0,1	
	Симоб	0,03	
	Мис	10,0	
	Рух	50	
	Микотоксинлар:		
	афлотоксин В ₁	0,005	буғдой
	Дезоксиниванленол	0,7	арпа
	Т-2 токсин	1,0	
	Охратоксинлар	0,005	
	Зеараленол	0,1	
	Пестицидлар:		
	Гексахлорциклогексан (α , β , γ изомерлари)	0,5	
	ДДТ ва унинг метаболитлари	0,02	
	Гексахлорбензол	0,01	Буғдой
	Симоборганик пестицидлар	Ўл қўйилмайди	
	2,4 Д кислота, унинг тузлари, эфирлари	Ўл қўйилмайди	
	Радионуклидлар:		
	Цезий-137	70	Бк/кг
	Стронций-90	40	Бк/кг
	Зарарли қўшилмалар:		
Спорынья	0,05		
Фузариоз донлар	1,0	Қора буғдой, буғдой, арпа	
Пушти рангли донлар	3,0	Қора буғдой	
Ёрқин сариқ-яшил флуоресценцияли донларни мавжудлиги	0,1	Маккажўхори	
Ифлосланганлиги ва зараркундалар билан зарарланганлиги	15,0	Тирик ва ўлик зараркундаларни умумий зичлиги,	

			экз/кг, кўп эмас
2. Ёрма, толқон	Токсик элементлар:		
	Қўрғошин	0,5	
	Мишьяк	0,2	
	Кадимий	0,1	
	Симоб	0,03	
	Мисс	10,0	
	Рух	50,0	
	Микотоксинлар:		
	Афлотоксин В ₁	0,005	
	Дезоксиниванленол	0,7	Буғдой
		1,0	Арпа
	Т-2 токсин	0,1	
	Охратоксинлар	0,003	
	Зеараленоп	0,2	Буғдой, арпа, маккажўхори
	Пестицидлар:	1.8-жадвални 1 бандига мос	
	Радионуклидлар:		
	Цезий-137	50	Бк/кг
	Стронций-90	30	Бк/кг
	Ифлосланганлиги ва зараркундалар билан зарарланганлиги	Йўл қўйилмайди	
	3. Нон, кулча маҳсулотлари	Токсик элементлар:	
Қўрғошин		0,35	
Мишьяк		0,15	
Кадимий		0,07	
Симоб		0,015	
Мисс		5,0	
Рух		25,0	
Микотоксинлар:			
Зеараленон		0,2	буғдой, маккажўхори, арпа унлари
Қолганлари		1.8-жадвални 1 бандига мос	
Пестицидлар:		1.8-жадвални 1 бандига мос	
Радионуклидлар:			
Цезий-137		60	Бк/кг
Стронций-90	20	Бк/кг	

Дон, ун, ёрма ва нон маҳсулотларини микробиологик кўрсаткичлари

Маҳсулотлар гуруҳи	КМАФАнМ КОЕ/г, кўп эмас	Йўл қўйилмайдиган маҳсулот массаси, (г, см ³)					ИЗОҲ
		БГКП	Патоген, жумладан салмонелалар	Proteus жинсидаги бактериялар	S.aureus	Замбуруғлар, КОЕ/г кўп эмас	
1. Нон-кулча маҳсулотлари (жумладан, пирог, мева, сабзавотли қуймоқлар)	$1 \cdot 10^3$	1,0	25	-	1,0	50	
2. Сузма, пишлоқ солинган нон-кулча маҳсулотлари	$1 \cdot 10^3$	1,0	25	0,1	1,0	50	
3. Қаймоқ кремли нон-кулча маҳсулотлари	$5 \cdot 10^3$	0,01	25	-	1,0	50	

Назорат саволлари:

1. Озиқ-овқат маҳсулотлари сифатини баҳолашда қандай усуллар ишлатилади?
2. Органолептик (сенсорли) таҳлил нима?
3. Бактериологик таҳлил нима?
4. Озиқ-овқат маҳсулотини “Озиқавий қиймати” қандай моддаларни мавжуд бўлиши билан белгиланади?
5. Озиқ-овқат маҳсулотларини интеграл скори қандай ҳисобланади?
6. Озиқ-овқат маҳсулоти энергетик қийматини ҳисоблаш тартибини тушунтиринг.
7. Озиқ-овқат маҳсулотлари билан боғлиқ хавфларни қандай турлари мавжуд?
8. Озиқ-овқат маҳсулотлари қандай хавфсизлик кўрсаткичлари бўйича меъёрланади?

2 БОБ

Озиқ-овқат маҳсулотларини физикавий тадқиқот усуллари

2.1. Физикавий ва физико-механикавий хусусиятларини аниқлаш

Қайта ишлашга келиб тушаётган ҳар бир озиқ-овқат хом-ашёси маълум физико-кимёвий (зичлик, қовушқоқлик, электўтказувчанлик ва бошқалар) ва органолептик хусусиятлар билан тавсифланади. Ушбу хусусиятлар хом-ашёга боғлиқ ҳолда қатор омиллар ҳайвонларни касаллиги, озиқа тури, сақлаш шароитларини бузилиши, фальсификация қилиниши ва бошқалар таъсирида кескин ўзгариши мумкин. Шунинг учун хом-ашёларни физико-кимёвий ва органолептик кўрсаткичларига кўра, уларни табиийлиги ва сифатини, шунингдек қайта ишлашга яроқлилигини баҳолаш мумкин. Бундан ташқари, корхоналарни сифати бўйича меъёрий – техник ҳужжатлар талабларига мос келувчи хом-ашёлар билан таъминлаш технологик жараёнларни доимийлигини таъминлашни ва бир хил маълум истеъмол хусусиятларга эга бўлган маҳсулот ишлаб чиқаришини муҳим шарт ҳисобланади.

Шуни таъкидлаш жоизки, хом-ашёларни физико-кимёвий ва органолептик кўрсаткичларини ўзгариши, шунингдек уларга ишлов бериш (пастерлаш, гомогенизациялаш ва бошқалар) ва кучли равишда эса уларни тайёр маҳсулотга қайта ишлашда рўй беради. Демак, баъзи физико-кимёвий (зичлик, қовушқоқлик, кислоталик, рН ва бошқалар) ва органолептик кўрсаткичларга кўра хом-ашёга ишлов беришдаги, тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришдаги физико-кимёвий ва биокимёвий жараёнларни тўғри кечишини назорат қилиш, шунингдек тайёр маҳсулот сифатини аниқлаш ва уларни стандарт талабларига мос келишини аниқлаш мумкин.

Озиқ-овқат хом-ашёлари, ярим тайёр ва тайёр маҳсулотларни физико-кимёвий хусусиятларини, уларни ўзаро таъсирлари келтириб чиқаради. Демак, тизимни дисперс фазаси ҳолати моҳиятидаги, шунингдек хом-ашё таркибий қисмларидаги ҳар бир ўзгаришлар уни физико-кимёвий хусусиятларини ўзгариши билан кечиши лозим. Хом-ашё таркибий қисмларини унинг физико-кимёвий хусусиятларига таъсири турлича бўлиши мумкин. Масалан, сут хом-ашёсини зичлиги ва кислоталигини, ундаги барча компонентларга боғлиқ бўлса, оксилларни миқдори, дисперслиги ва гидратацион хусусиятлари эса сутни қовушқоқлигини ва сирт таранглигини белгилайди.

2.1.1. Нисбий зичликни аниқлаш

Жисмларни массаси (модда миқдори) уни ричагли тарозиларда тортиш йўли билан аниқланади, чунки бунадй шароитларда тенг эркин тушиш тезланиши таъсирида тортилаётган жисм ва эталон тоши массаларини мувозанати ва уларни нисбий тинчлиги ўрнатилади. Масса (модда миқдори) бирлиги сифатида килограмм-масса (кг) қабул қилинган.

Жисмни оғирлиги уни динамометрик (пружинали) тарозида тортиш натижаси ҳисобланади. Динамометрик (пружинали) тарозиларда, жисм ва тарозини нисбий тенглиги шароитларида, жисмни ерга тортиш кучи ўлчанади ва у куч бирликларида – килограмм-куч (кГ)да ифодаланади. Жисмни оғирлиги модда миқдори ўлчови сифатида қаралмайди.

Зичлик ёки ҳажмий масса ρ деб бирлик ҳажмдаги модда массасига айтилади, яъни

$$\rho = \frac{M}{V}$$

бу ерда ρ - бир жинсли моддани зичлиги ёки бир жинсли бўлмаган

моддани ўртача зичлиги, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

M - модда массаси, кг ;

V - модда ҳажми, m^3 .

Солиштирма ёки ҳажмий оғирлик γ деб бирлик ҳажмдаги модда оғирлигига айтилади ва қуйидаги формулага биноан аниқланади:

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

бу ерда G - моддани оғирлиги, кг .

Ҳажмий оғирлик ҳам маълумотли физикавий катталиқ ҳисобланади. Кўпгина ҳолларда маҳсулотларни физикавий хусусиятларини тавсифлашда ўлчамсиз катталиқ – нисбий ҳажмий оғирлик ёки нисбий зичлик фойдаланилади.

Нисбий ҳажмий оғирлик d маълум шароитларда тадқиқот этилаётган модда ҳажмий оғирлигини стандарт модда ҳажмий оғирлиги γ_0 га нисбати сифатида аниқланади:

$$d = \frac{\gamma}{\gamma_0}.$$

Нисбий зичлик d маълум шароитларда тадқиқот этилаётган модда зичлигини ρ стандарт модда зичлигига ρ_0 нисбати сифатида ифодаланади:

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Бунда стандарт модда сифатида $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ҳарорат ва 760 мм.сим.уст. босимдаги дистилланган сув қабул қилинади.

Нисбий ҳажмий оғирлик ва нисбий зичлик юқорида таъкидланганидек ўлчамсиз катталиқ бўлиб, улар ўзаро тенгдир:

$$d = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\rho}{\rho_0}.$$

Лаборатория шароитида ричагли тарозилар ва юклар наборидан фойдаланганлиги учун тортиш пайтида берилган моддани оғирлиги эмас, балки уни массаси аниқланади. Маҳсулотларни тадқиқот этишда тадқиқот этилаётган моддани зичлиги эмас, балки уни маълум шароитларда шундай

ҳажмдаги дистилланган сув зичлигига нисбати аниқланади. Шунинг учун бундай таҳлил нисбий зичликни аниқлаш деб номланса мақсадга мувофиқдир.

Кўпгина озиқ-овқат маҳсулотларининг (сут, патока, алкогольсиз ва алкогольли ичимликлар) сифати айнан уларни нисбий зичлик кўрсаткичига кўра баҳоланади. Нисбий зичликни ўлчаш ёрдамида сув-спиртли эритмалардаги (арок, коньяк ва бошқалар) спирт миқдорини аниқлаш мумкин. тадқиқот этилаётган эритмалардаги спирт миқдори қанчалик юқори бўлса, унинг нисбий зичлиги шунчалик паст бўлади. Баъзи суюқ олзиқ-овқат маҳсулотларидаги (масалан, сут, патока, алкогольсиз ичимликлар) шакар ва бошқа экстрактив моддалар концентрацияси қанчалик юқори бўлса, уларни нисбий зичлиги ҳам шунчалик юқори бўлади. Аммо, сутда оксил, углевод ва тузлар миқдорини ошиши унинг зичлигини оширса, ёғ миқдорини ошиши уни зичлигини пасайишига олиб келади.

Тадқиқот этилаётган маҳсулотни ҳароратига боғлиқ равишда уни нисбий зичлиги ҳам ўзгаради. Ҳарорат қанчалик юқори бўлса, модда нисбий зичлиги шунчалик паст бўлади. Модда ҳароратини пасайиши эса, аксинча уни нисбий зичлигини ошишига олиб келади. Шунинг учун нисбий зичлик катталигини ифодалашда t_1/t_2 индекси кўрсатилади, яъни dt_1/t_2 , бу ерда t_1 - тадқиқот этилаётган маҳсулот ҳарорати ва t_2 - дистилланган сув ҳарорати. Нисбий зичликни маҳсулотни 20 °С ва сувни 4 °С ҳароратида аниқлаш қабул қилинган. Амалиётда эса нисбий зичлик баъзи ҳолларда $t_1=t_2=20$ °С да ниқланади.

Нисбий зичликни пикнометр, ареометр, гидростатик тарозилар ёрдамида ва гидростатик босимни ўлчаш орқали аниқлаш мумкин.

Пикнометрик усул. Нисбий зичликни аниқлашнинг пикнометрик усул энг аниқ ҳисоблади. Ушбу усул тадқиқот этилаётган суюқлик ва дистилланган сувни тенг ҳажмлари массаларини 20 °С ҳароратда аниқлашга

асосланган. Тадқиқот этилаётган суюқлик массасини дистилланган сув массасига нисбати эса нисбий зичлик ҳисобланади.

Асбоб ва жиҳозлар: аналитик тарозилар; пикнометрлар; эксикатор; 20 °С ҳароратни сақловчи сувли термостат; капилляр пипетка.

Таҳлилни ўтказиш тартиби. Яхши ювилган, қурутилган пикнометр эксикатордан чиқариб олинади ва уни массаси аналитик тарозиларда аниқланади. Сўнгра пикнометрга қайнатилган ва 20 °С ҳароратгача совутилган дистилланган сув қуйилади. Пикнометрга қуйилаётган сув уни белгисидан бир мунча юқори сатҳгача етказилади ва у ҳарорати 20 °С бўлган термостатга 30 мин. га қолдирилади. Шундан сўнг пикнометрдаги сув ҳажми капилляр пипетка ёрдамида унинг белгисигача аниқ етказилади. Пикнометрни суюқликдан озод бўлган ички бўйни юзаси шиша таёқчага ўралган фильтр қоғози ёрдамида артиб олиниши керак. Кейин пикнометр оғзи тикин билан ёпилгач, термостатдан чиқариб олинади, қуригунча артилади ва 30 мин давомида тарози олдига қолдирилади. Шундан сўнг у аналитик тарозида тортилади.

Кейинчалик пикнометрдан сув тўкиб ташланади ва у тадқиқот этилаётган суюқлик билан бир неча марта чайилади. Сўнгра пикнометр тадқиқот этилаётган суюқлик билан тўлдирилиб аниқлаш, сув учун ўтказилган тартибда қайтарилади.

Тадқиқот этилаётган суюқликни зичлиги қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$d \frac{20}{20} = \frac{g_1 - g}{g_2 - g}$$

бу ерда g - бўш пикнометрни массаси, g ;

g_1 - пикнометрни ҳарорати 20 °С бўлган сув билан биргаликдаги массаси, g ;

g_2 - пикнометрни тадқиқот этилаётган суюқлик билан биргаликдаги массаси, g .

Ареометрик усул. Ушбу усулда нисбий зичликни аниқлаш Архимед қонунидан фойдаланишга асосланган.

Архимед қонунига асосан, суюқликда сузаётган жисм массаси суюқликни итарувчи кучи билан мувозанатлашади. Суюқликга туширилган жисмга таъсир этувчи итарувчи куч вертикал йўналган ва қийматига кўра жисмни суюқликка туширилган ҳажмида сиқиб чиқарилган суюқлик массасига тенг. Итарувчи куч жисмни доимий ўзгармас массасида фақат суюқлик зичлигига боғлиқ. Шунинг учун ареометрлар тадқиқот этилаётган суюқликни зичлигига боғлиқ ҳолда турли чуқурликка чўкиши мумкин. Усул ўзини оддийлиги, таҳлил учун қисқа вақт талаб қилиниши билан ажралиб туради, аниқлигига кўра пикнометрик усул билан тенглаша олмайди.

Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда фойдаланиладиган ареометрлар уч категорияга бўлинади:

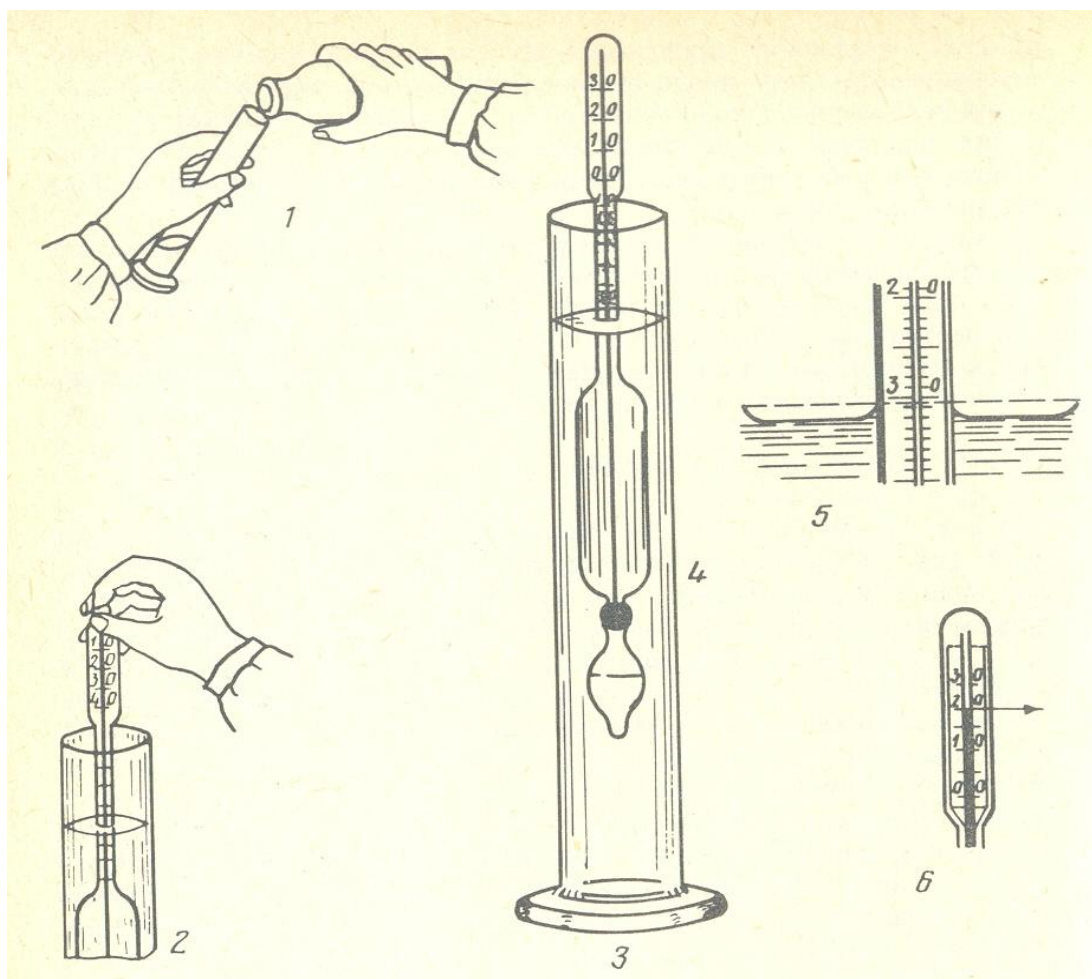
- зичликни бевосита қайд этувчи (сут учун – лактоденсиметр, ишқор ва кислоталар учун мўлжалланган ареометрлар);
- суюқликда эриган моддалар миқдорини фоизларда аниқловчи (спиртомерлар, сахарамерлар, кислоталар учун ареометрлар ва бошқалар);
- шартли бирликларда қайд этувчи (махсус металл спиртомер, Бом ареомтери ва бошқалар).

Асбоб ва жиҳозлар. Ареометрлар, диаметри ареометрни кенг қисмига нисбатан икки марта катта бўлган шишали цилиндр.

Таҳлилни ўтказиш тартиби. Олдиндан филтрланган тадқиқот этилаётган суюқлик кўпик ҳосил қилмасдан шишали цилиндрга қуйилади. Цилиндр тоза ва қуруқ бўлиши керак. Цилиндр унга суюқлик қуйилиши олдиндан тадқиқот этилаётган суюқлик билан камида уч марта чайилиши керак.

Тадқиқот этилаётган суюқликларнинг зичлиги $20 \pm 5^{\circ}C$ ҳароратда аниқланади. Зичликни қайд этиш олдиндан цилиндр горизонтал юзага, ёруғлик манбаига нисбатан шундай ҳолатда жойлаштириладики, ареометрни

зичлик ва ҳарорат шкалалари яққол кўриниб турсин. Шундан сўнг куруқ ва тоза ареметр аста-секин тадқиқот этилаётган суюқликка туширилади ва эркин сузаётган ҳолатида қолдирилади. Ареметр цилиндр деворларига тегмалиги лозим (расм 2.1). Ареметр ҳаракатсиз ҳолатни эгаллаганидан кейин 1 минут ўтгач, зичлик ва ҳарорат кўрсаткичлари қайд этилади. Зичликни қайд этишда, агар тиниқ бўлмаган суюқликлар тадқиқот этилаётган бўлса, кўзни ҳолати юқори мениск даражасида, тиниқ суюқликлар таҳлил этилган ҳолларда эса пастки мениск даражасида бўлиши керак. Агар мениск шкалани икки бўлинмалари ўртасидан ўтаётган бўлса, унда юқори бўлинма қайд этилади.



Расм 2.1. Зичликни ареометрлар ёрдамида аниқлаш:

1-цилиндрни суюқдик билан тўлдириш; 2-ареометрни суюқликка чўктириш; 3-суюқлик куйилган цилиндр ва унга чўктирилган ареметр (4); 5-суюқликни зичлик кўрсаткичларини ҳисоблаш; 6-суюқлик ҳароратини ҳисоблаш

Зичликни аниқлаш пайтида тадқиқот этилаётган суюқликни ҳарорати $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ дан юқори ёки паст бўлса, қайд этилган натижалар махсус жадваллар бўйича $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ га келтирилиши зарур. Қайд этилган ареометр кўрсаткичлари тадқиқот этилаётган суюқликни нисбий зичлигига мос келади ($d^{20/4}$).

2.1.2. Физико-механикавий хусусиятларини аниқлаш

Озиқ-овқат хом-ашёлари, ярим тайёр маҳсулотлари ва тайёр маҳсулотлар реал жисмлар ҳисобланиб, улар қовушқоқлик, қайишқоқлик ва пластикликка эга. Ушбу физико-механикавий хусусиятлар ҳарорат, намлик, иссиқлик ва механик таъсир давомийлиги, сақлаш усуллари ва муддати, жўнатиш усуллари ва бошқа кўпгина сабабларга боғлиқ. Реал жисмга кўрсатилаётган юкломани тури, давомийлиги ва тезлигига кўра, уларни баъзи реологик хусусиятлари яққол намоён бўлади, айти шу вақтда эса қолганлари сезилмас бўлиб, улар танланган юкломга усули учун ҳисобга олинмаслиги мумкин. Реологик характеристикаларни инструментал аниқлаш учун силжитиш, бир ўқли чўзиш, бир ўқли сиқиш ишлатилади.

Маҳсулотларни қайта ишлаш жараёнларидаги механик юкломаларда бузилишга чидамлик (кесиш ва майдалаш жараёнлари учун), қаттиқлик, ташқи ишқаланиш, адгезия (ёпишқоқлик) каби механик хусусиятлар катта аҳамиятга эга.

2.1.2.1. Реологияни асосий тушунчалари

Реология – фан сифатида механика ва қайишқоқлик назариясини кўпгина асосий қоидаларидан фойдаланиб, турли модда ва материалларни деформацияси ва оқувчанлигини ўрганади.

Барча реал жисмлар ташқи кучлар таъсирида деформацияланиш, яъни ўз шакли ва ўлчамларини ўзгартириш хусусиятига эга.

Деформация – бу жисм заррачаларини нисбий силжиши бўлиб, бунда уни узлуксизлиги бузилмайди. Агар деформация юклама олиб ташлангандан кейин йўқолса, бундай деформация қайишқоқ, агар юклама олиб ташлангандан кейин сақланиб қолинадиган бўлса, унда қолдиқли деб номланади. Деформацияни катталиги ва характери жисм материални шакли ва ташқи кучларни кўрсатиш усулига боғлиқ бўлади.

Жисм деформацияланганида уни алоҳида заррачаларини ўзаро таъсир қилиш ички кучлари пайдо бўлади. Бу ички кучларни интенсивлик ўлчови кучланиш деб номланади.

Жисмга кўрсатилган ташқи кучлар таъсири тўхтатилса, ҳосил бўлган кучланиш структурадаги молекула ва бошқа элементларни иссиқлик ҳаракати оқибатида қисман ёки тўлиқ ютилиши мумкин. Кучланишни вақт бўйича пасайиши **реалксация** дейилади. Релаксация вақти жисмларни муҳим структура – механик тавсифи ҳисобланади.

Жисмларни реологик хусусиятларига қовушқоқлик, қайишқоқлик, эластиклик ва мустаҳкамлик тегишли.

Қовушқоқлик ёки ички ишқаланиш газ, суюқлик ва қаттиқ жисмларни, уни қатламларини бир-бирига нисбатан силжишига (ташқи кучлар таъсири остидаги оқувчанликка) нисбатан кўрсатадиган қаршилигини келтириб чиқарувчи хусусиятидир. Қаттиқ жисмлар учун бу қолдиқли деформацияни риволанишига кўрсатиладиган қаршилик ҳисобланади.

Қайишқоқлик бу жисмларни ташқи кучлар таъсирида уларни ҳажми ва шаклини ўзгаришига қаршилик кўрсата олиш қобилиятидир. Бошқача қилиб айтганда, бу юклама олиб ташлангандан кейин жисмларни ўз шаклини тиклай олиш хусусияти ҳисобланади.

Эластиклик – бу материални унчалик катта бўлмаган кучлар таъсири остида бузилмасдан анча катта ёки кичик қайишқоқлик деформациясига бардош бериш қобилиятидир. Бу термин “қайишқоқлик” термини билан бир қаторда мавжуд бўлади. Уларни фарқи шундаки, қайишқоқлик бир лаҳзада, эластик эса вақт давомида намоён бўлади.

Мустаҳкамлик – бу жисмни бузилишига қаршилик кўрсата олиш қобилиятидир.

Юқорида кўрсатилганлар билан бир қаторда **пластиклик** ва **ёйилувчанлик** тушунчалари ҳам учрайди. Пластиклик – бу жисмни юклама таъсирида қайтмас деформацияланиш хусусияти бўлса, ёйилувчанлик эса доимий юклама таъсирида пластик деформацияланишни хусусий ҳолати ҳисобланади.

Реологияни барча қонунлари идеал жисмлар учун ишлаб чиқилган.

Идеал жисмларни учта модели маълум: идеал қайишқоқ жисм ёки Гук жисми, Сен-Венанни идеал пластик жисми ва идеал қовушқоқ ёки Ньютон суюқлиги.

Юклама остида Гук қонунига буйсинувчи жисм **идеал қайишқоқ** деб номланади. Бу қонунни моҳияти шундаки, жисмда пайдо бўлаётган чизикли қайишқоқлик деформацияси кўрсатилган юкламага пропорционал. Қонун куйидаги математик ифодага эга:

$$P = E \cdot \varepsilon,$$

бу ерда P - кўрсатилган юклама;

ε - чизиклик деформация (узунликни нисбий ўзгариши);

E - қайишқоқлик модули, у материални чўзиш

деформациясига қаршилик кўрсатиш қобилиятини тавсифлайди.

Идеал қайишқоқ жисмни ўзига хос хусусияти шундан иборатки, юклама олиб ташлангач, деформация йўқолади ва у ўз шаклини тўлиқ тиклайди. Идеал қайишқоқ жисмни механик модели сифатида спирал пружина хизмат қилиши мумкин.

Идеал пластик бу шундай жисмки, у кўрсатилаётган юклама оқувчанлик чегараси (P_T) деб номланадиган қандайдир критик қийматдан пастда жойлашган бўлса, қаттиқ ҳолатда сақланаверади. Оқувчанлик чегарасига эришилгач, материални ўзгармас кучланишда пластик оқиши содир бўлади. Идеал пластик жисмни модели текисликда ётган қандайдир

жисм бўлиши мумкин. Силжитиш кучланиши қандайдир чегаравий қийматга эришмаган бўлса, бу жисм ҳаракатланмайди, чегаравий қийматдан кейин эса у хоҳлаган тезлик билан ҳаракатланиши мумкин.

Бундай жисмни реологик тенгламаси қуйидаги кўринишга эга:

$$P = P_T$$

бу ерда P - уринмали кучланиш.

Оқувчанлиги Ньютон постулати ва Пуазейл қонунига буйсинувчи суяқлик **идеал қовушқоқ** ҳисобланади. Бундай суяқликни қовушқоқлиги ташқи босим ва тезлик градиентига боғлиқ эмас ва нормал, структурасиз ёки Ньютон суяқлиги дейилади.

Акс ҳолда суяқлик аномал ёки структурали қовушқоқликга эга бўлади. Қовушқоқлик аномалияси уни концентрация, босим, ҳарорат, механик таъсир ва вақтга боғлиқлигида намоён бўлади. Қовушқоқ суяқликни механик модели суяқлик билан тўлдирилган цилиндрда ҳаракатланаётган перфорация қилинган поршен бўлиши мумкин. Бундай моделда кучланиш силжитиш тезлигига пропорционал:

$$P = \eta \cdot v ,$$

бу ерда η - қовушқоқлик коэффициенти;

v - силжитиш тезлиги.

Ҳеч бир реал озиқ-овқат маҳсулотлари юқорида кўрсатилган ҳеч қайси бир идеал жисмларга тўлиқ ўхшаш бўлиши мумкин эмас. Кўп ҳолларда озиқ-овқат маҳсулотлари оддий моделларни комбинацияси ҳисобланмиш мураккаб моделларга мос келади, яъни қайишқоқ-пластик ёки қайишқоқ-қовушқоқ ёки қовушқоқ-пластик жисмлар бўлишади. Шароитларга (ҳарорат, намлик, босим, юкламани бериш усули ва тезлиги) боғлиқ ҳолда, у ёки бу хусусиятлар юқори ёки паст даражада намоён бўлади. Шунинг учун реологик хусусиятларни ўрганишда синаш шароитлари аниқ кўрсатилиши керак, акс ҳолда олинган натижалар таққосланмайдиган бўлади.

2.1.2.2. Структура турлари ва реологик хусусиятларни аниқлаш усуллари

Озиқ-овқат маҳсулотлари, жумладан хом-ашё ва тайёр маҳсулотлар таркиби, дисперс тузилиши ва структурасига боғлиқ ҳолда турли реологик хусусиятлар ва текстура белгиларига эга бўлиши мумкин. Масалан, сут, қаймоқ, майонез каби эмульсиялар суяқ дисперс тизим ҳисобланиб, уларга ньютон ва ноньютон қовушқоқлик, тиксотропия каби реологик хусусиятлар ва суяқ, кремсимон чўзилувчан текстура белгилари хосдир. Қайишқоқлик, эластик қовушқоқлик, қовушқоқли қайишқоқлик каби реологик хусусиятлар ва юмшоқ, мустаҳкам, мўрт, синувчан, қовушқоқ каби текстура белгилар мустаҳкам дисперс тизимларга (олма, нок, картошка, гўшт, шоколад, конфет) тегишли бўлади.

Фазовий структурали юқори концентрланган дисперс тизимлар (шоколад, музқаймоқ, нон мағзи, мева, сабзавот, гўшт) энг мураккаб реологик хусусиятларга эга. Физик-кимёвий, биокимёвий, коллоид-кимёвий ёки тоза физик жараёнлар таъсирида маҳсулотлар структурасини шаклланиши ва ўзгариши ҳамма вақт уларни реологик хусусиятларини ўзгаришига олиб келади.

Дисперс тизимлар структураларини иккита, яъни коагуляцион ва конденсация – кристаллизация турлари фарқланади.

Коагуляцион структуралар юпка суяқ қатламлар орқали таъсир қиладиган Ван-дер-Ваальс кучлари билан ушлаб турилади. Уларни ҳосил бўлиш асосий шароитлари заррачаларни бир-бирига тегиб туриш юзаларини бир жинсли бўлмаслиги ва гидрофоб участкаларни мавжуд бўлиши ҳисобланиб, айнан уларда нуктали контактлар, яъни бўлғуси структурани бошланғич бўғинлари пайдо бўлади.

Конденсацион-кристаллизация структуралар полимерларни конденсацияланиши ёки эритма ва қотишмаларидан кристаллизацияланиши жараёнларида ҳосил бўлади. Уларни мавжуд бўлиши мустаҳкам кимёвий

боғлар билан заррачаларни бир-бирига ўсиб кириши ва улар ўртасида суяқ қатламни мавжуд бўлмаслиги билан белгиланади. Бундай структурага эга бўлган тизимлар катта мустақамлик, мўртликка эга бўлиб, бузилганида эса қайта тикланмайди.

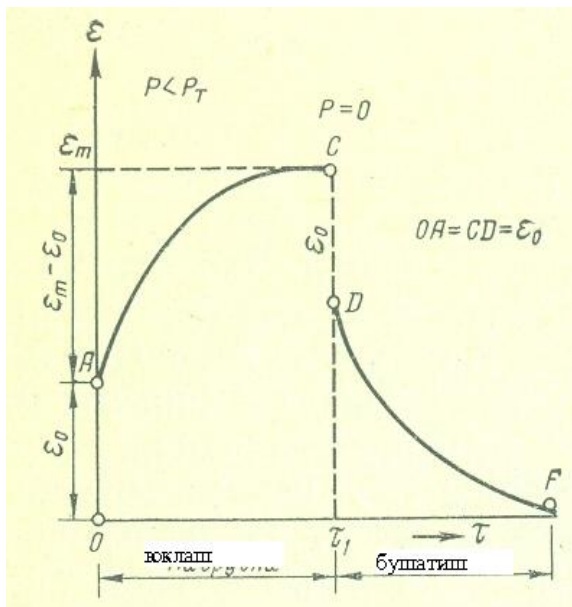
Маҳсулотга ишлов бериш жараёнида (айниқса, заррачалар ўртасидаги суяқ қатламни йўқотилишига шароит яратувчи қуритиш ёки пресслаш жараёнларида) коагуляцион структуралар конденсацион-кристаллизацион структураларга ўтиши мумкин. Ҳоҳлаган тизимни механик хусусиятлари уни структураси билан боғлиқ бўлганлиги сабабли, улар кўп ҳолларда структура-механик деб номланади.

Озиқ-овқат маҳсулотларини структура-механик хусусиятларини ўрганишда деформацияни вақт бўйича ривожланиши тадқиқот қилинади. Асосан деформацияни икки тури, яъни сиқиш (чўзиш) ва силжитиш ўрганилади. Биринчи ҳолатда кучланиш намуна юзасига перпендикуляр, иккинчи ҳолатда эса уринма бўйича (тангенциал) таъсир қилади.

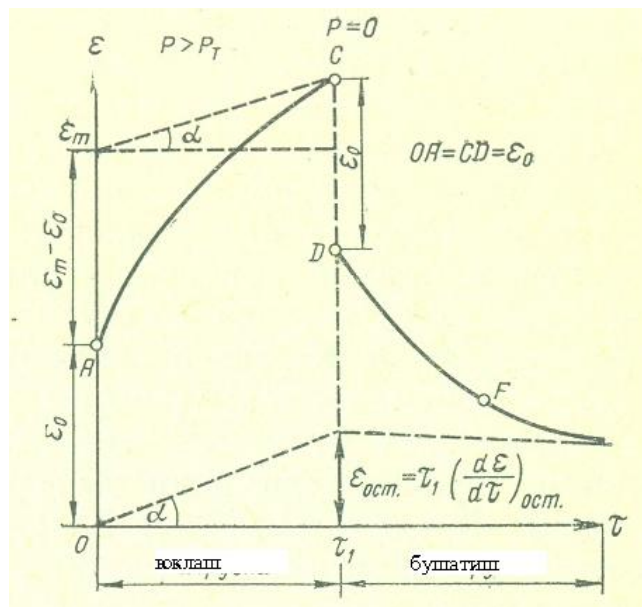
Структура-механик хусусиятларни тадқиқот этиш натижалари деформация кинетикасини эгри чизиқлари кўринишидаги графиклар билан ифодаланади. Бундай эгри чизиқларни бузилмаган структуралар соҳаси учун иккита асосий турлари мавжуд.

1. Кўрсатилган доимий кучланиш оқувчанлик чегарасидан кичик, яъни $P < P_T$ шарти бажарилаётган ҳолат. Бундай деформация кинетикасини эгри изиғи расм 2.2 да келтирилган. Бу графикда абцисса ўқида вақт (τ), ордината ўқида эса деформация (ε) жойлаштирилган.

Кучланишни бир зумли таъсири остида жисмни ташқи реакцияга нисбатан бир зумли таъсири сифатида қайишқоқли деформация ε_0 пайдо бўлади. Унинг катталиги бирламчи кимёвий боғлар кучлари билан белгиланади. Бир зумли қайишқоқ деформация кейин катталиги бўйича қайтувчан юқори эластик деформацияни вақт бўйича ривожланиши содир бўлади. Уни катталиги алоҳида макромолекулалар ва уларни бўғинлари ўртасидаги боғланиш кучини тавсифлайди.



Расм 2.2. Деформация кинетикаси эгри чизиғи: $P = const$; $P < P_T$



Расм 2.3. Деформация кинетикаси эгри чизиғи: $P = const$; $P > P_T$

Деформация қандайдир ε_m юқори қийматига эришгач, ўзгармай қолаверади, чунки бу ҳолда таъсир этувчи кучланиш жисмни ички қаршилиги билан мувозанатлашган бўлади. Деформация эгри чизиғини охириги участкаси чизикли ҳисобланади. Агар C нуқтада кучланиш олиб ташланса ($P=0$), деформация DF эгри чизиғи бўйича нолга қайтади, яъни тизим ўз шаклини тўлиқ тиклайди.

Шуни таъкидлаш жоизки, бундай турдаги эгри чизиклар реал озик-овқат массалари ва маҳсулотлари учун деярли кузатилмайди. Фақат баъзи озикавий дирилдоқлар майда кучланишлар таъсирида тўлиқ қайтувчан деформациялар бериши мумкин.

2. Агар $P > P_T$ шарти бажарилса, у ҳолда расм 2.3 да кўрсатилган эгри чизик олинади. Бунда бир зумли қайишқоқлик деформацияси ε_0 пайдо бўлгач, қолдиқли деформацияни узлуксиз ошиши ва пластик оқувчанликга ўтиши кузатилади. Қолдиқли деформация ўзгармас тезлик билан ошади ва уни $\operatorname{tg}\alpha$ билан тавсифлаш мумкин. Юкламани таъсир этиш вақтидаги энг катта деформация ε_m ордината ўқида эгри чизикни охириги участкасига

Ўтказилган уринма ҳосил қилувчи кесма билан белгиланади. Уни катталиги қуйидаги тенгликдан аниқланиши мумкин:

$$\varepsilon_m = \varepsilon - \tau \left(\frac{d\varepsilon}{d\tau} \right).$$

Айирма $\varepsilon_m - \varepsilon_0 = \varepsilon_s$ эластик деформация катталигини ифодалайди.

Агар С нуктада кучланиш олиб ташланса, қовушқоқлик деформацияси $\varepsilon_0 = OA = CD$ йўқолади ва эластик деформацияни тикланиши кечади. Вақт ошиши билан DF эгри чизиғи асимптотик равишда қолдиқли деформация ε_{ocm} қийматига яқинлашади.

Деформация кинетикаси эгри чизиғи бўйича чегаравий деформациядан ташқари қуйидаги тавсифларни аниқлаш мумкин:

1. Бир зумли силжиш деформацияси модули $E_1 = \frac{P}{\varepsilon_0}$;
2. Эластик модули $E_2 = \frac{P}{\varepsilon_m - \varepsilon_0}$.

Деформация ўлчовсиз катталик бўлганлиги сабабли иккала E_1 , E_2 модулар кучланиш ўлчов бирлигига эга.

3. Пластик қовушқоқлик

$$\eta = \frac{P'}{\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau} \right)_{ocm}},$$

бу ерда $P' = P - P_T$

Пластик қовушқоқликни эгри чизикни юклама олиб ташланган қисмидан аниқлаш мумкин:

$$\eta_{пл} = \frac{P'}{\frac{\varepsilon_{ocm}}{\tau_1}},$$

бу ерда τ_1 - юкламани таъсир вақти.

4. Шартли қовушқоқлик

$$\eta_{усл} = \frac{P}{\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau} \right)_o - \left(\frac{d\varepsilon}{d\tau} \right)_{ocm}},$$

бу ерда $\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_o$ - эгри чизикни бошланғич участкасига ўтказилган уринмани абсцисса ўқиға оғиши билан, $\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_{ocm}$ эса эгри чизикни охириги участкасига ўтказилган уринмани оғиши билан белгиланади.

Қайишқоқлик бир зумда намоён бўладиган хусусият бўлганлиги сабабли, қайишқоқлик деформацияси катталиги бўйича ҳисобланган модул шартли бир зумли қайишқоқлик модули деб номланади.

Озиқ-овқат маҳсулотлари ва ярим тайёр маҳсулотларни структура-механик хусусиятлари юқорида кўрсатилган бир-бирига боғлиқ бўлмаган E_1 , E_2 , η_{nl} , η_{ysl} қийматлардан ташқари баъзи нисбий каталликлар билан тавсифланиши мумкин. Бундай катталликлар структураланган дисперс тизимлар ва юқори молекуляр бирикмалар эритмалари учун П.А.Ребиндер томонидан таклиф қилинган:

- қайишқоқлик $U\% = \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_m} \cdot 100$;
- пластиклик $II\% = \frac{\varepsilon_{ocm}}{\varepsilon_m} \cdot 100$;
- эластиклик $\mathcal{E}\% = \frac{\varepsilon_m \cdot \varepsilon_0}{\varepsilon_m}$ ёки $\mathcal{E} = \frac{E_1}{E_1 + E_2}$.

Санаб ўтилган бу ҳамма тавсифларни реологик тавсифларни аниқлаш асбоблари ёрдамида олиш мумкин.

2.1.2.3. Асосий реологик тавсифларни аниқлаш асбоблари

Структура-механик хусусиятларни тадқиқот этишда ўлчанадиган катталликлар қуйидагилар ҳисобланади: кучланиш – P ; деформация - ε ; деформация тезлиги – V . Одатда уларни бири ўзгармас сақланади, қолган иккитаси эса бирини иккинчисига боғлиқлигида ўлчанади. Масалан, $P = const$ бўлганда деформацияни вақтга боғлиқлиги ўлчанади: $\varepsilon = f(\tau)$.

Ишчи кучланиш катталиги тадқиқот мақсадига кўра, уни кичик қийматларида тизимни қайишқоқ-эластиклик хусусиятлари, катта кучланиш қийматларида эса уни қовушқоқлиги қийин аниқланишини ҳисобга олган ҳолда танланади.

Юкламани таъсир вақти ҳам ҳар бир алоҳида ҳолатларда деформацияни тўлиқ ривожланиши учун имконият берган ҳолда танланади.

Материал реологик параметрларини ёки консистенция кўрсаткичларини экспериментал аниқлашнинг кўпгина усуллари мавжуд бўлиб, улар фойдаланиш соҳалари (лаборатория ва ишлаб чиқариш учун), ўлчанадиган катталик тури (мисол учун, реологик тавсифлари ва консистенция кўрсаткичлари), юкламани бериш тамойили, автоматлаштириши даражаси ва бошқаларга кўра фарқланади.

Кўпгина реологик ўлчаш усуллари лаборатория тадқиқотлари учун мўлжалланган. Лаборатория методларидан ташқари, материални махсус реологик тавсифларини юқори аниқлик билан фундаментал илмий тадқиқотлаш, кўп маротаба такрорланадиган тадқиқотлар учун ўлчаш ва натижаларга ишлов беришни тез амалга оширувчи усулларни қўллаш мақсадга мувофиқ ҳисобланади. Ҳозирги кунда ўлчашлар қисман ёки тўлиқ автоматлаштирилган, олинган натижалар эса ЭҲМ да қайта ишланадиган асбоблар ишлаб чиқарилмоқда.

Озиқ-овқат маҳсулотларини ишлаб чиқариш жараёнларини самарали ва сифатли бошқариш реологик катталикларни ишлаб чиқариш шароитларида назорат қилишни талаб қилади. Бунда лаборатория усуллари жалб этиш кўп меҳнат ва вақт сарфлари билан боғлиқ бўлиб, улардан фақат узоқ давом этувчи жараёнларда фойдаланиш мумкин. Шу сабабли жараёнларни узлуксиз назорат қилиш ўлчов сигналларини доимий ёки қисқа вақт интервалларида берувчи усулларни жалб этиш билан амалга оширилиши керак. Бу сигналлар реологик ҳолатни аниқ акс эттиради ва ишлаб чиқаришни берилган режимлардан четланишида бошқарилишини таъминлайди.

Бундай турдаги усуллар реологик хусусиятларни бевосита технологик жараёнда ўлчайдиган асбоблардан фойдаланишни тақозо қилади. Шунинг учун ишлаб чиқаришдаги ўлчаш усуллари мураккаб бўлмаган тамойиллар билан боғлиқ бўлиб, улар танланган реологик хусусиятлар билан боғлиқ бўлган консистенция кўрсаткичларини ўлчашни қамраб олади.

Озиқ-овқат маҳсулотлари ва ярим тайёр маҳсулотларни структура-механик ва текстура хусусиятларини тадқиқотлаш учун мўлжалланган асбобларни йириклаштирилган таснифи 2.1-жадвалда келтирилган.

2.1-жадвал

Реометрлар таснифи

Реометрлар	Юклама бериш (оқувчанлик) тури	Ўлчанаётган катталиқ	Фойдаланиш соҳалари
1	2	3	4
Вискозиметрлар капиллярли	Бир ўлчовли силжишли оқиш	Реологик тавсифлар	Мева ва сабзавотли шарбатлар, кефир, сут, қаймоқ, ўсимлик мойи, сузма, конфет массалари, хамир
ротацион	Бир ўлчовли силжишли оқиш		
шарикли	Стокс оқиши		
тебранишли	Бир ўлчовли ва икки ўлчовли силжишли оқиш		
Пенетрометрлар	Кўп ўлчовли пенетрацион оқиш	Чегаравий силжиш кучланиши, текстура параметрлари	Қаттиқ оёқлар, дирилдоқ, нон мағзи, мевалар, сабзавотлар, пишлоқ, гўшт, колбаса, шоколад
Компрессион асбоблар	Намунани сиқиш	Сиқишдаги мустаҳкамлик чегараси, ҳажмий қовушқоқлик, текстура параметрлари	Қаттиқ озиқ-овқат маҳсулотлари

1	2	3	4
“Инстрон” туридаги универсал асбоблар	Чўзиш, сиқиш, буриш, силжитиш ва бошқа оддий юклама бериш турлари	Мустаҳкамлик тавсифлари, текстура параметрлари	Қаттиқ озиқ-овқат маҳсулотлари
Трибометрлар	Силжитиш	Фрикцион тавсифлар	Қаттиқ озиқ-овқат маҳсулотлари
Адгезиометрлар	Контактда бўлган элементни тадқиқот қилинаётган материал юзасидан узилиши	Адгезион тавсифлар	Қаттиқ озиқ-овқат маҳсулотлари

Вискозиметрларда юклама бериш (оқувчанлик)ни бир ўлчовли силжишли оқиш ва стокс оқиши қўлланилади. Бир ўлчовли стационар силжишли оқиш капилляр, текис параллел, цилиндрик ва торсион оқишларда амалга оширилиши мумкин. Бир ўлчовли силжишни ўлчаш қуйидаги стандарт реометрларни иш принципини ташкил қилади:

1. Капилляр оқувчанликга эга бўлган ўзгармас, ўзгарувчан ва юқори босимли капилляр вискозиметрлар;
2. Параллел текисликлар ўртасидаги оқувчанликга эга бўлган тирқиш (кенг ва ҳалқали) кўринишидаги каналли вискозиметрлар;
3. Цилиндрик, торсион оқувчанликга эга бўлган ротацион вискозиметрлар.

Тушувчи шарик атрофидаги Стокс оқувчанлигига асосланган реометрларни бир неча турлари ишлаб чиқилган (2.2-жадвал).

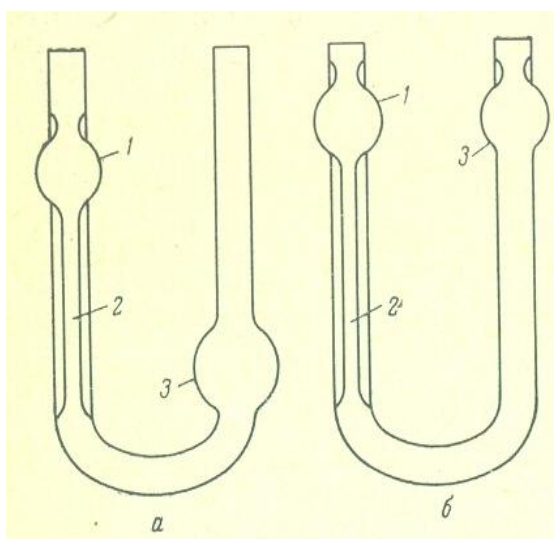
Капилляр вискозиметрлар. Бу асбоблар унчалик катта қовушқоқликка эга бўлмаган тизимларни (гўшт-суякли бульон, қон, мойлар) тадқиқот этишда қўлланилади. Капилляр вискозиметрларда тадқиқот қилинаётган суюқлик сарфи ёки капиллярдаги босимлар фарқи ўзгармас сақланади. Ўзгармас суюқлик сарфли вискозиметрларда капилляр учлари ўртасидаги босимлар фарқи, ўзгармас босимли асбобларда материал сарфи

ўлчанади. Капилляр вискозиметрлар шартли равишда уч гуруҳга: яъни шишакапиллярли, цилиндр-поршен ва оқизиш асбобларига бўлинади.

2.2-жадвал

Стокс оқувчанлиги реометрлари

Реометр	Оқувчанлик тури	Фойдаланиш соҳалари
Кенг трубкали тушувчи шарикли вискозиметр	Шарик атрофидаги Стокс оқувчанлиги	Ньютон суюқликлари учун
Тор трубкали тушувчи шарикли вискозиметр	Ҳалқали тирқишда шарик атрофидаги модификацияланган Стокс оқувчанлиги	Тиниқ Ньютон суюқликлари учун; лаборатория асбоблари учун
Тор трубкали итарувчи шарикли вискозиметр	Ҳалқали тирқишда шарик атрофидаги модификацияланган Стокс оқувчанлиги	Ньютон ва Ноньютон суюқликлари учун; лаборатория асбоблари учун



Расм 2.4. Капилляр вискозиметрлар: а-Оствальд; б-Уббеллоде: 1-суюқлик идиши; 2-капилляр; 3-суюқликни ўлчашдан кейин тўплаш идиши

Расм 2.4 да шиша капиллярли вискозиметрларни икки тури (Оствальд ва Убеллоде вискозиметрлари) келтирилган. Оствальд вискозиметрини Уббеллоде вискозиметридан фарқи шундаки, унда суюқликни капилляр орқали оқиши ўз оғирлиги таъсирида содир бўлади. Уббеллоде вискозиметрида суюқликни оқиши учун асбобни тирсакларидан бирида босим ёки сийракланиш яратилади. У ёки бу асбобдан фойдаланилганда

ўлчанадиган катталиқ маълум ҳажмдаги суюқликни капилляр орқали оқиб чиқиш вақти ҳисобланади.

Ишни бажариш тартиби. Суюқлик қовушқоқлигини аниқлашдан олдин вискозиметр яхши ювилган ва қуритилган бўлиши керак. Вискозиметр дастлаб бензин, сўнгра петролей эфири билан ювилади. Шундан сўнг сув билан ювилади ва хром аралашмаси қуйилиб 5-6 соат сақланади. Шундан сўнг вискозиметр дистилланган сув билан ювилади ва қуритилади. Вискозиметрни тез қуриши учун у спирт-ректификат ёки ацетон билан ювилиши мумкин.

ВПЖ-1 шишакапиллярли вискозиметрни (Уббеллоде туридаги) умумий кўриниши расм 2.5 да келтирилган. Қовушқоқликни ўлчаш олдидан тадқиқот қилинаётган суюқлик трубка 1 орқали m_3 - m_4 белгилари оралиғидаги сатҳгача резервуар 2 га қуйилади. Сўнгра асбоб вертикал ҳолатда резервуар 6 дан бир мунча юқори сатҳгача суюқликли термостатга чўктирилади ва берилган ҳароратда 30 мин сақланади. Шундан сўнг, трубка 8 ни берк ҳолатида трубка 7 га кийдирилган груша билан суюқлик 5, 6 резервуарларга сўрилади. Кейин трубкалар 7, 8 атмосфера билан уланади ва суюқликни резервуар 8 дан капилляр 4 орқали резервуарлар 3, 2 га оқиб чиқиш вақти аниқланади. Оқиб чиқиш вақти суюқлик сатҳини 5, 6 резервуарларга эга бўлган трубка 7 ни m_1 белгисидан m_2 белгисигача пасайгунича ҳисобланади. Оқиб чиқиш вақтини билган ҳолда тадқиқот қилинаётган суюқликни кинематик қовушқоқлиги қуйидави формула бўйича аниқланади:

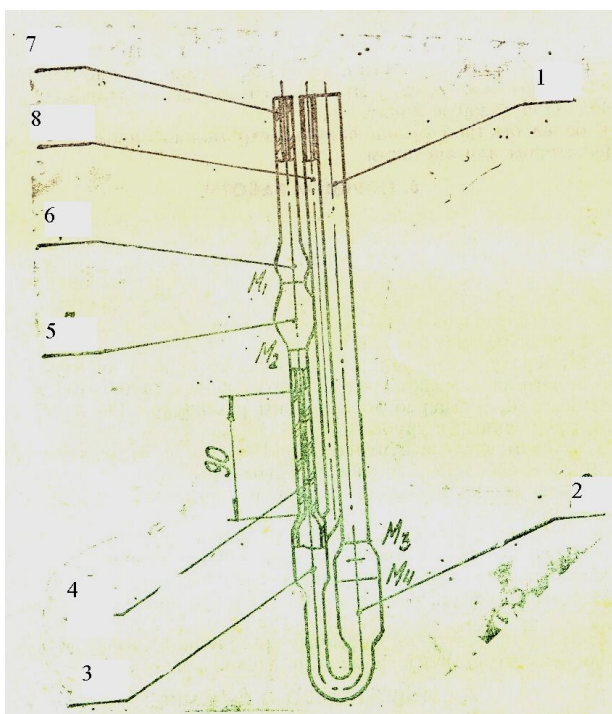
$$V = \frac{g}{9,807} \cdot T \cdot k ,$$

бу ерда k - вискозиметр доимийлиги ($k = 0,7809$), $\text{мм}^2/\text{сек}^2$;

V - суюқликни кинематик қовушқоқлиги, $\text{мм}^2/\text{сек}$;

T - суюқликни оқиб чиқиш вақти, сек;

g - эркин тушиш тезланиши, $\text{м}/\text{сек}^2$.



Расм 2.5. ВПЖ-1 шиша капиллярли
вискозиметри:

1-суюқлик трубкаси; 2, 3, 5, 6-резервуар;
4-капилляр; 7, 8-трубкалар.

аниқланади:

$$Q = \frac{\pi \cdot P \cdot r^4 \cdot \tau}{8 \cdot \ell \cdot \eta},$$

бу ерда Q - оқиб чиқаётган суюқлик ҳажми;

P - ташқи босим;

r - капилляр радиуси;

τ - оқиб чиқиш вақти;

ℓ - капилляр узунлиги;

η - динамик қовушқоқлик.

Оствальд вискозиметри билан ишлашда, тадқиқот қилинаётган суюқликни ҳажми шундай бўлиши керакки, чап тирсак юқори белгисигача тўлдирилганда, суюқлик мениски ўнг идиш пастки қисми даражасида бўлиши керак. Асбоб термостатга вертикал ҳолатида жойлаштирилади. Суюқлик 20-30 мин давомида термосталангач, у груша ёрдамида чап тирсакга сўриб олинади. Бунда суюқлик мениски тирсак юқори белигисидан

Оствальд вискозиметрида тадқиқот қилинаётган суюқликни бир тирсакдан иккинчига оқиб ўтиши гидростатик босим таъсири остида содир бўлади. Бунда тадқиқот қилинаётган суюқлик ўз массаси таъсири билан m_1 - m_2 белгиларига эга бўлган резервуардан капилляр орқали m_3 белгига эга бўлган резервуарга оқиб ўтади. Оқиб чиқиш вақтини аниқлай туриб, суюқлик қовушқоқлиги Пуазейль тенгламаси бўйича

2-3 мм юқори ҳолатни эгаллаши лозим. Шундан сўнг, суюқлик капилляр орқали эркин оқизилади. Мениск белги сатҳига етгач, секундомер ишга туширилади ва суюқликни белгилар ўртасидан ўтиш вақти ўлчанади.

Одатда, қовушқоқлик Уббелодде ва Оствальд асбобларидан стандарт суюқликларни (сув, кастор мойи, глицерин) маълум қовушқоқликларига нисбатан аниқланади.

Бир хил шароитларда битта капиллярда аниқланган икки суюқлик қовушқоқликлари қуйидаги муносабатда бўлади:

$$\frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\tau \cdot d}{\tau_0 \cdot d_0}.$$

Бундан тадқиқот қилинаётган суюқлик қовушқоқлиги қуйидагича аниқланади:

$$\eta = \eta_0 \frac{\tau \cdot d}{\tau_0 \cdot d_0},$$

бу ерда η_0, η - стандарт ва тадқиқот қилинаётган суюқлик

қовушқоқликлари, пуаз (Н·сек/м²);

d_0, d - стандарт ва тадқиқот қилинаётган суюқликлар зичлиги,
г/см³ (кг/м³);

τ_0, τ - стандарт ва тадқиқот қилинаётган суюқликларни оқиб
чиқиш вақти, сек.

Қовушқоқ-қайишқоқлик тавсифларни миқдорий аниқлашда бир ўлчамли осциляловчи силжишли оқувчанлик реометрлари ишлатилади. Бу реометрларда мажбурий, эркин айланма тебранишлар, ишчи органлар сифатида эса текислик-текислик, конус-текислик, цилиндр-цилиндр, коаксиал ва эксцентрик цилиндрлар ишлатилган.

Мураккаб ноньютон суюқликлар консистенциясини тадқиқот этишда ўлчаш натижалари тез ва такрорий қайта олинишини таъминловчи усуллар ишлатилади. Бу усуллар реологик хусусиятлари ферментатив, кимёвий ёки физикавий жараёнларда тез ўзгарадиган озиқ-овқат маҳсулотлари ва ярим тайёр маҳсулотларни тадқиқот этишда катта аҳамиятга эга. Бу усуллар

характерли реологик хусусиятлар ва текстура параметрларини баҳолаш имконини берувчи юклама бериш тамойилларига асосланади. Юклама бериш турли шакл ва ўлчамдаги инденторларни киритиш, маълум шароитларда суюқликни аралаштириш, қовушқоқ масса ва хамирни қориш ва бошқа кўринишларда бўлади. Бунда тавсифловчи эгри чизиклар ва нисбий бирликларда ифодаланган тавсифловчи параметрлар олинади.

Пенетрация ярим каттик ва каттик маҳсулотларни уларга маълум ўлчам, массага эга бўлган ва материалдан тайёрланган инденторларни (конус, шар, цилиндр, игна) киритилишига кўрсатадиган қаршилигини ўлчашга асосланган структура-механик хусусиятларни аниқлаш усули ҳисобланади. Тадқиқотлар ўзгармас пенетрация кучида (бунда чўкиш чуқурлиги аниқланади), ўзгармас пенетрация чуқурлигида (куч ўлчанади), ўзгармас чўкиш тезлигида (чўкиш чуқурлигига кўра куч ўлчанади) амалга оширилиши мумкин. Бу асосда консистенцияга алоқадор турли параметрлар ҳисобланади.

Конусли пластометрлар ёрдамида маҳсулот структураси мустақамлигини баҳолашда хизмат қиладиган муҳим реологик параметр-чегаравий силжитиш кучланиши аниқланади.

Конусли пластометр КП-3 (расм 2.6) да тадқиқот қилинаётган маҳсулот столчадаги идиш 1 га жойлаштирилади ва конус 2 ни чўққиси масса юзасига туширилади. Конус 2 да юклар 4 жойлаштирилади ва индиктор 3 ёрдамида конусни тўлиқ тўхташига қадар чўкиш чуқурлиги катталиги аниқланади.

Чегаравий сиджиш кучланиши қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$P_m = K \cdot \frac{m}{h^2},$$

бу ерда P_m - чегаравий силжитиш кучланиши, г/см^2 (кг/м^2);

K - конус бурчагига боғлиқ бўлган катталиқ;

m - конусга таъсир этувчи масса, г (кг);

h - конусни чўкиш чуқурлиги, см (м).

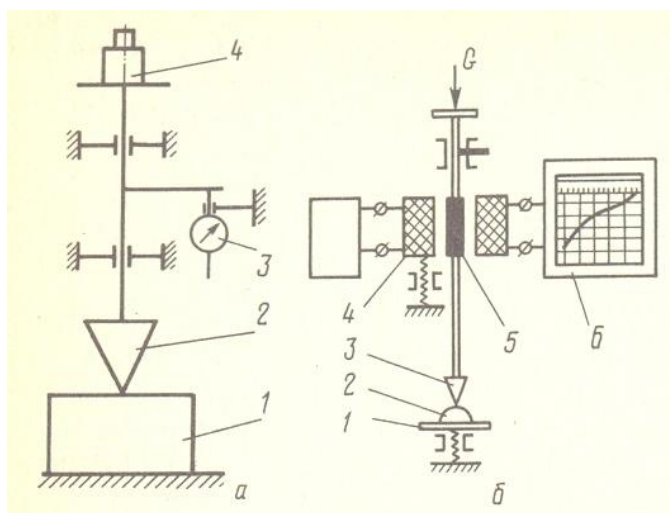
Конус константаси уни чўққисидаги бурчакка (α , град) боғлиқ:

α , град: 30 40 45 60 90

К 9,4 5,2 4,1 2,1 0,67

Чегаравий силжиш кучланиши қийматлари асосида материалларни таснифи таклиф этилган.

Модернизацияланган конусли пластометр КП-3 (расм 2.6) да конус 3 ни ҳаракатланиши ўзак 5 орқали чўлғам 4 ни индуктивлигини ўзгаришига олиб келади ва у ўзи ёзар асбоб 6 билан ёзиб олинади. Шундай қилиб, асбобда конусни майдон текислиги 1 да жойлашган маҳсулот 2 га вақт бўйича чўктирилиши катталиги юқори аниқлик билан аниқланади. Пластометрда пенетрация вақти 60 сек ни, G юклаш эса 0,2; 0,3; 0,4 ва 0,5 Н ташкил қилади.



Расм 2.6. КП-3 пенетрометри:
 а-конусли: 1-идиш; 2-конус; 3-индикатор;
 4-юклар; б-конусли модернизацияланган:
 1-маҳсулот жойлаштириладиган текислик;
 2-маҳсулот; 3-конус; 4-чўлғам;
 5-ўзак; 6-ўзиёзар асбоб.

Қаттиқ ҳолатдаги озиқ-овқат маҳсулотларини реологик хусусиятлари суяқликларга нисбатан анча мураккаб.

Бундай маҳсулотларни тадқиқот қилишда бир ўқли сиқиш ёки чўзиш, параллел текисликлар ўртасидаги оддий силжитиш, цилиндрик стержни буриш, изотроп сиқиш каби юклама бериш турлари қўлланилади. Доимий юклама бериш тезлигида кучланиш ва

деформация ўртасидаги боғлиқлик олинади. Деформация эса қовушқоқ-қайишқоқ қаттиқ жисмлар учун деформация тезлигини функцияси ҳисобланади.

Доимий деформация тезлигида юклама бериш ва уни мустаҳкамлик чегарасидан пастрок қийматларда тўсатдан тўхтатиш кучланиш релаксациясини ўрганишда ишлатилади.

Доимий кучланишда вақт бўйича ўзгарадиган деформация (деформация кинетикаси) олиниши мумкин. Кучланишни мувозанат ҳолатига эришилгандан кейин ошира туриб деформация кинетикасини эгри чизиқлари оиласи олиниши мумкин. Бу эгри чизиқларга ишлов бериш материални доимий катталикларини ҳисоблаш имконини беради.

Қаттиқ жисмларни ўта мураккаб реологик хусусиятларида, хусусан унда анизотроп структурали элементлар (ғоваклар, толалар) мавжуд бўлганида, озиқ-овқат маҳсулотларини реологик хусусиятлари текстура параметрлари ёки консистенция кўрсаткичлари ёрдамида ёзилиши мумкин. Бунинг учун одатдаги ўлчаш тамойиллари билан бир қаторда, материалларни қайта ишлашдаги типавий механик жараёнларни ёки маҳсулотларни истеъмол қилишдаги юкламаларни иммитация қилувчи усуллар ҳам ишлатилади. Буларга эзиш, кесиш, сиқиш кабилар тегишлидир.

Қаттиқликни аниқлашда маҳсулотга киритиладиган шар, конуссимон ёки пирамидасимон иденторлар ишлатилади. Бунда микроқаттиқлик конуссимон ёки пирамидасимон иденторлар ёрдамида, макроқаттиқлик эса шарсимон иденторлар билан аниқланади.

Адгезия ёки ёпишқоқлик хусусиятларни аниқлаш тамойили, контакт юзасини ёпишган материалдан узиш учун зарур бўлган кучни ўлчашга асосланган.

Шундай қилиб, озиқ-овқат маҳсулотларини сифати ҳақида, уларни ички тузилиши келтириб чиқарадиган реологик хусусиятларга кўра ҳукм чиқариш мумкин. Структура-механик хусусиятларни тадқиқот қилиш учун қатор реометрлар (2.1-жадвал) яратилган бўлиб, уларни кўпчилиги чегараланган реологик катталикларни ўлчашга мўлжалланган. Аммо, бу хусусиятларни таҳлил қилиш ва илмий тизимлаш учун структура-механик тавсифлар комплекси ҳақидаги информация зарур бўлади. Бошқа томондан ҳом-ашё, оралик ва тайёр маҳсулотлар хусусияти ҳарорат, рН, намлик, механик таъсирлар тури ва давомийлиги, ингибриентлар нисбати, уларни кимёвий таркиби, сақлаш ва жўнатиш шароитлари, охириги маҳсулотни олиш

усули ва бошқа сабабларга боғлиқ бўлади. Шу сабабли, адабиётларда учрайдиган реологик тавсифлар ҳақидаги маълумотларни турли-туманлиги, аксарият ҳолларда уларни бир-бирига зид келиши табиий ҳолдир, чунки бу тавсифларни аниқлаш учун имконияти чегараланган, бир-биридан принципиал фарқланувчи асбоблар, унинг оқибатида турли услублар фойдаланилган.

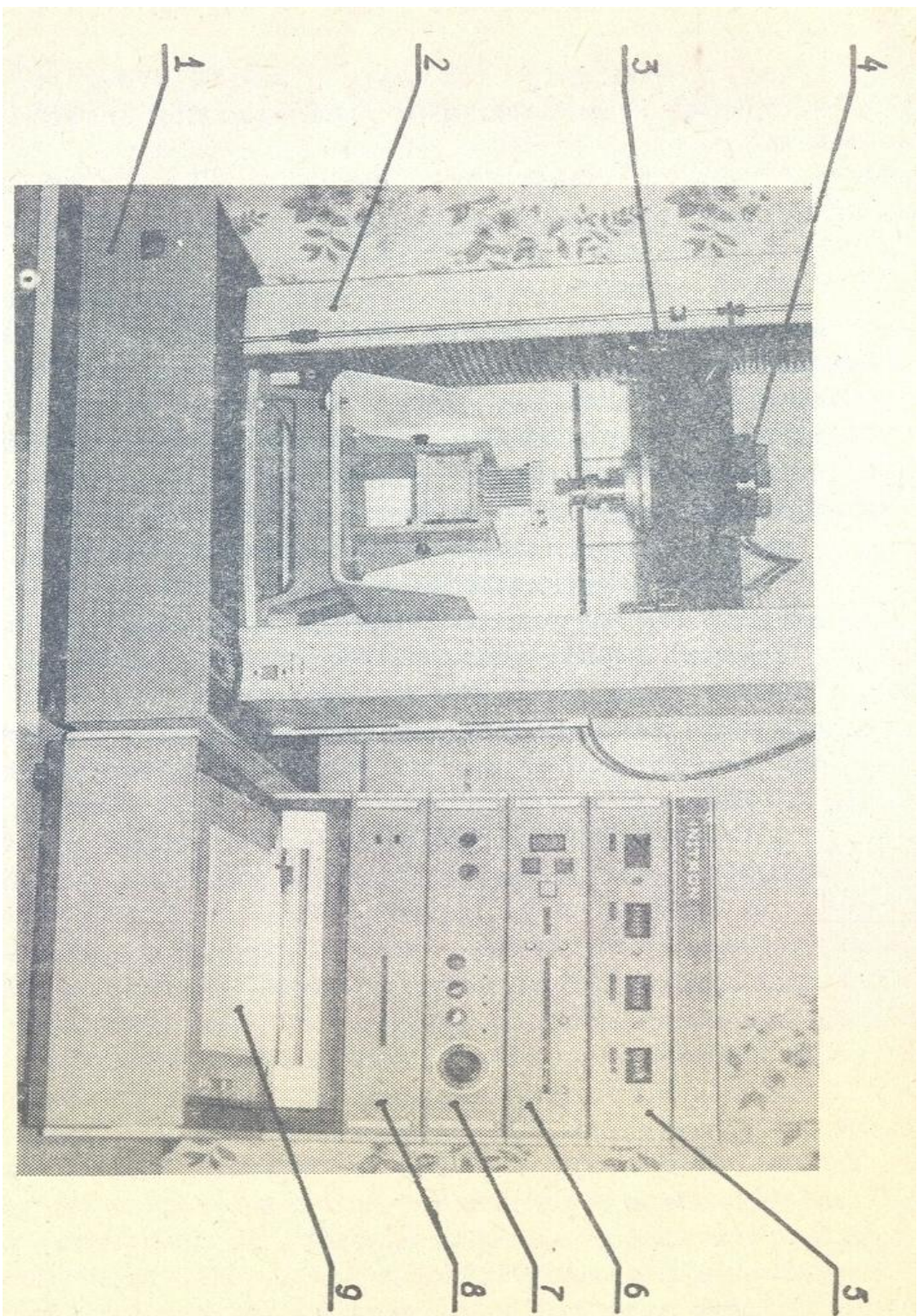
Бундай ноаниқликни бартараф этиш учун “Инстрон-1122” (расм 2.7) универсал синов машинаси ишлатилиши мумкин. Бу машина қайишқоқ-пластик қовушқоқ объектларни силжиш, компрессион ва сиртли структура-механик тавсифларини ўлчашга мўлжалланган.

“Инстрон-1122” машинаси асос (1), юклама берувчи рама (2), ҳаракатчан траверса (3), тензо датчикларга эга бўлган алмаштирладиган ўлчов бошчаси (4), ҳаракатчан траверсани бошқариш электрон блоки (5, 6), ўлчанадиган юкламаларни бошқариш электрон блоки (7), ўзиёзар қурилмани бошқариш блоки (8) ва ўзиёзар қурилмадан (9) иборат.

Блок (5) ни олд панелида жойлашган вазифа берувчилар (задатчик) ёрдамида траверса вертикал ҳаракатини юқори ва пастки чегараларини ростлаш, шунингдек унинг маълум сонли циклларга эга бўлган циклик ҳаракати тартибини киргизиш мумкин. Блок (6) ни олд панелида жойлашган тугмалар ёрдамида эса траверса ҳаракат тезлигини 0,5 дан 1000 мм/мин (жами 15 та босқич) чегараларда ростлаш мумкин. Юкламалар юқори чегараларини 10 Н дан 5 кН гача ростлаш блок (7) олд панелига жойлаштирилган бошқарув дастаклари ёрдамида амалга ошириш мумкин. Блок (8) ни олд панелида жойлашган тугмалар ёрдамида диаграмма лентаси тезлигини (1 дан 1000 мм/мин гача) ва йўналишини ўзгартириш мумкин.

Тадқиқот қилинаётган объектларни структура-механик тавсифларини аниқлаш учун траверса (3) га ўрнатилган ўлчов бошчаси (4) га махсус адаптер ёрдамида фаол ишчи элемент маҳкамланади. Уни пасткидаги махсус туткида тадқиқот этилаётган маҳсулот солинади. Тегишли пассив элемент ёки идиш жойлаштирилади.

Инстрон универсал машинасининг электрон блоклари қизигач ва тегишли иш режимлари киритилгандан кейин асосни юқори юзасида жойлашган тегишли тугмаларни босиш йўли билан траверса ишга туширилади. Бунда машинани фаол ишчи органи тадқиқот қилинаётган объектни деформациясини қабул қилади ва ўлчов бошчасини тензо сезгир элементига узатади. Тензо датчикларга кўрсатилган куч таъсири ўлчов бошчасида электр сигналга айлантирилиб, ўзиёзар қурилмани бошқариш блокига узатилади. Бу қурилма эса фаол ишчи органни тадқиқот қилинаётган объектга таъсир қилиш муддатига кўра, уни реакция ўзгаришларини тавсифловчи эгри чизиқларни чизади.



Рисм 2.7. "ИНСтрон-1122" универсал синов машинаси:

1-ясос; 2-рама; 3-траверса; 4-ўлчов бошчаси; 5, 6-траверсани бошларини электрон блоки; 7 - њлчанадиган юкгамаларни бошларини электрон блоки; 8- њзйёзар лурингани бошларини блоки; 9- њзйёзар луринма.

2.2. Поляриметрия асослари

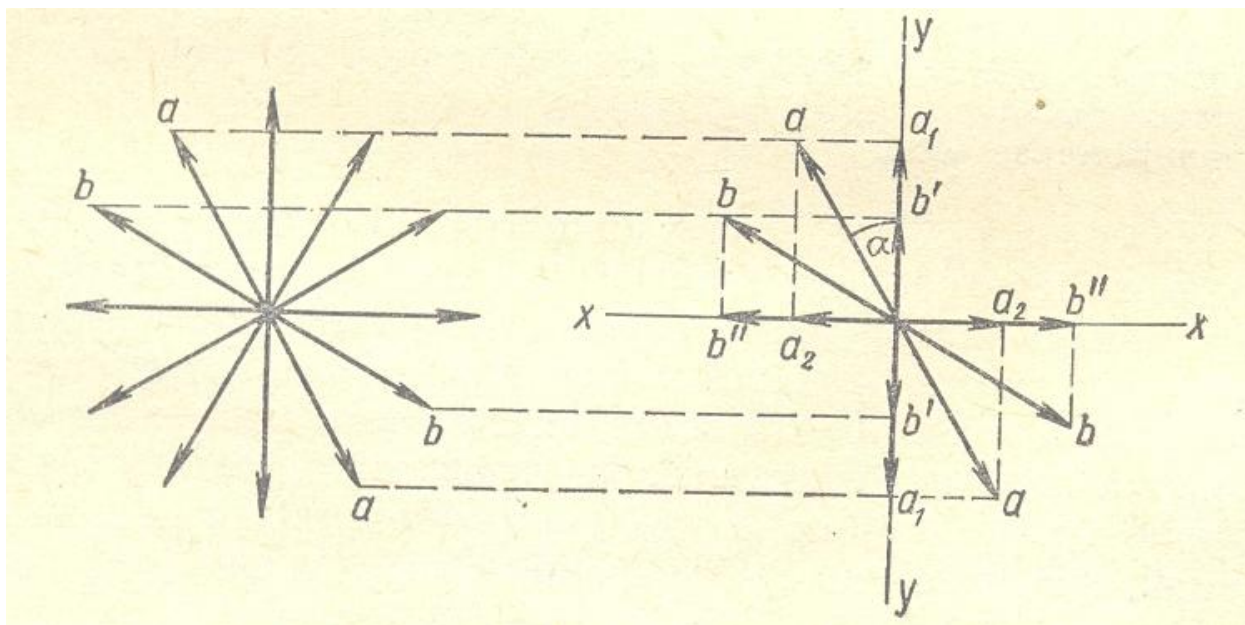
Поляриметрик таҳлил услуби баъзи моддаларни ёруғлик тўлқинлари йўналишини ўзгартириш хусусиятига асосланган. Ушбу услуб озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда асосан шакарни миқдорий аниқлашда ишлатилади.

2.2.1. Поляриметрик тадқиқот усулини моҳияти

Ёруғлик тўлқинларида тебраниш, уни тарқалиш йўналишига перпендикуляр йўналишда содир бўлади. Шунинг учун ёруғлик тўлқинлари кўндаланг тўлқинлар ҳисобланади. Агар ёруғлик тўлқинларини кўндаланг тебранишлари маълум бир текисликда содир бўлса, бундай ёруғлик **тўлиқ поляризацияланган** ҳисобланади. Қисман поляризацияланган ёруғликда маълум йўналишдаги тебранишлар устунлик қилади. Табиий ёруғликда эса тебранишларни ҳеч қандай ориентацияси мавжуд бўлмайди ва у ҳамма йўналишларда рўй беради. Бундай ёруғлик поляризацияланмагандир. Нурни текисликга перпендикуляр йўналишда тарқалаётти деб фараз қилсак ва ёруғлик тўлқинини ҳар бир кўндаланг тебранишларини стрелкалар кўринишида тасвирласак, поляризацияланмаган нурни “юлдузча” шаклидаги шартли тасвирини ҳосил қилиш мумкин (расм 2.8). Барча стрелкаларни узунлиги бўйича ўзаро тенглиги тебранишларни амплитудаси бўйича ёки поляризацияланмаган тўлқинни барча йўналишларидаги интенсивлигини ўзаро тенглигига мос келади. Бир-бирига қарама қарши йўналган икки стрелка эса тўлиқ поляризацияланмаган нурни графикавий белгисидир. Ориентация қилинган йўналишлар ва нур тўлқинини тарқалишига мос келувчи линиялар орқали ўтган текислик **тебранишлар текислиги**, унга перпендикуляр текислик эса **поляризация текислиги** деб номланади.

Кўпгина моддалар улар орқали ўтаётган текис поляризацияланган нур поляризация текислигини маълум бурчакка буриш хусусиятига эга. Бундай моддалар оптик фаол моддалар деб юритилади.

Поляриметрик таҳлил услуги текисликда поляризацияланган нур поляризация текислигини эритмадаги оптик фаол модда концентрациясига боғлиқлигига асосланган.



Расм 2.8. Иккита ўзаро перпендикуляр текисликларда рўй бераётган кўндаланг ёруқлик тўлқинларини ажратилиши

Оптик фаоллиги молекуляр тuzилиши билан боғлиқ бўлган моддалар ушбу хусусиятни эриган ҳолатида ҳам сақлайди. Моддаларни оптик фаоллиги уларни кристалл панжара тuzилиши билан ҳам боғлиқ бўлиб, бу хусусиятни улар фақат қаттиқ кристалл ҳолатида намоён этишади. Бунда поляризацияланган ёруғлик нурлари йўлидаги эритмада модда молекулалари сони қанчалик кўп бўлса, поляризация текислигини бурилиш бурчаги ҳам шунчалик юқори бўлади. Демак, бурилиш бурчагини катталиги ушбу оптик фаол моддани эритмадаги концентрацияси ва ёруғлик нурини тарқалиш йўналишидаги эритма қатламини қалинлигига боғлиқ бўлади. Ушбу масофа ўзгармас бўлса, текис поляризацияланган нурни поляризация текислигини бурилиш бурчаги концентрацияга тўғри пропорционал бўлади.

Поляризацияланган нурларни табиий манбалари мавжуд эмас. Ҳар бир ёруғлик манбаи фақат поляризацияланмаган нурлар таратади. Ёруғликни элементар манбаи кўзғатилган модда атоми ҳисобланади. Атомни кўзғатилган ҳолати маълум энергия порциясини ютилиши натижасида бир ёки бир неча электронларни юқори энергетик ҳолатига ўтиши билан боғлиқдир. Атомларни нормал ҳолатида қайтишида ортиқча энергия улар томонидан ёруғлик оқими кўринишида таратилади. Атомларни бир-бирига боғлиқ бўлмаган ҳолда нур таратишлари сабабли ушбу оқим турли йўналишларга эга бўлган чексиз катта тўлқинлар миқдоридан иборат бўлади.

Тебранишлар энергияси амплитуда квадратига тўғри пропорционал эканлиги маълум. Бу эса ёруғлик тўлқинлари амплитудалари квадрати уни интенсивлиги I ўлчови эканлигини англатади.

$$I = k \cdot a^2$$

бу ерда a - ёруғлик тўлқинини шу текисликдаги кўндаланг тебранишлари амплитудаси.

Шуни таъкидлаш керакки, ҳоҳлаган текисликда содир бўлаётган тебраниш, интенсивликлари йиғиндиси бошланғич тебраниш интенсивлигига тенг бўлган бир неча тебраниш такшил этувчиларига ажратилиши мумкин. Расм 2.8 да амплитудалари a , b га тенг бўлган тебранишларни иккита ўзаро перпендикуляр текисликларда содир бўлаётган тебранишларга ажратилиши кўрсатилган. Бу ҳолда амплитудаси a бўлган тебраниш учун юқоридаги ифодани қуйидагича ёзиш мумкин.

$$I = k(a_1^2 + a_2^2)$$

бу ерда a_1 ва a_2 – амплитуда a ни ташкил этувчилари ҳисобланади ва қуйидагича аниқланиши мумкин (1-расм)

$$a_1 = a \cdot \cos \alpha$$

$$a_2 = a \cdot \sin \alpha$$

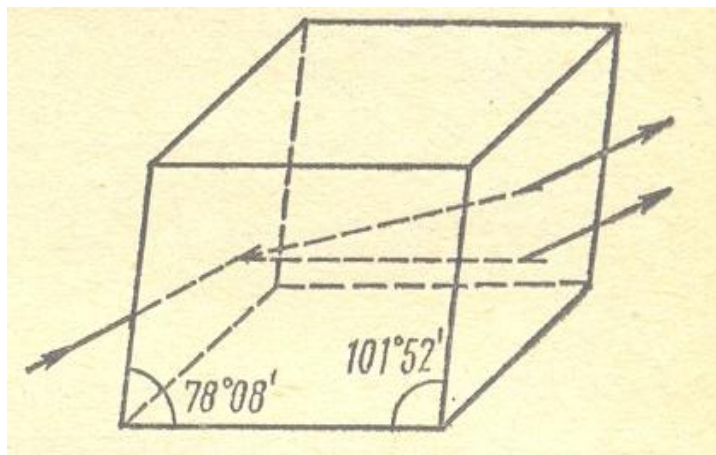
Поляризацияланмаган тўлқиндаги ҳар бир тебраниш, юқорида таъкидланганидк, ташкил этувчиларга ажратилса, сўнгра эса ҳамма ташкил

этувчилар уларга мос перпендикуляр йўналишлар бўйича қўшилса, ҳар бири маълум ўзаро препедикуляр текисликларда рўй бераётган иккита янги тўлқинларни ҳосил қилиш мумкин. Бошқа сўз билан айтадиган бўлсак, булар иккита ўзаро перпендикуляр текисликларда текис поляризацияланган тўлқинлар ҳисобланади. Энергияни сақланиш қонунига кўра, ушбу ҳар бир тўлқинни интенсивлиги бошланғич поляризацияланмаган тўлқинни ярмини ташкил этади. Агар ҳақиқатдан ҳам ана шундай иккита тўлқинлар ҳосил қилиниб, уларни бирида рўй бераётган тебранишлар сўндирилса, унда интенсивлиги бошланғич интенсивликни ярмини ташкил этувчи ва маълум текисликда поляризация қилинган ёруғлик олиними мумкин.

Бундай эффектга эришиш имконияти ёруғликни кристалл моддалардан ўтишини ўзига хос хусусиятларидан фойдаланилганда яратилади. Ёруғлик Исланд шпати ёки кальцит ва кўпгина бошқа тиниқ кристаллар орқали ўтказилганда **иккита маротабали нур синишига** учрайди. Агар кристаллга ингичка ёруғлик оқими юборилса, унда уни кристалда иккита турли йўналишга эга бўлган нурларга ажралиши кузатилади ва бу нурларни ажралиши улар кристаллдан чиққандан кейин ҳам сақланиб қолинади (расм 2.9). Кристалл қалинлиги қанчалик катта бўлса, нурлар ўртасидаги масофа ҳам шунчалик катта бўлади. Нурларни муҳитдаги турли синдириш кўрсаткичларига, бу эса ўз навбатида уларни кристаллдаги турли тарқалиш тезлигига мос келиши керак. Буларни асосий сабаби анизотропия ҳодисаси, яъни турли йўналишларда, улардаги заррачаларни жойлашуви, ориентирланиши ва заррачаларни фарқланиши билан боғлиқ ҳолда намоён бўладиган хусусиятларни ўзаро фарқланишидир.

Ушбу нурларни бири синдириш қонуниятларига бўйсунди (уни синдириш коэффициенти изотроп муҳитдан келаётган нурни тушиш бурчагига боғлиқ эмас ва у келиб тушаётган нур билан бир текисликда ётади) ва шунинг учун у **оддий нур** деб номланади. Кристалда пайдо бўлаётган иккинчи нур синдириш қонуниятларига бўйсунмайди, яъни уни синдириш коэффициенти келиб тушиш бурчагига боғлиқ бўлади ва уни йўналиши

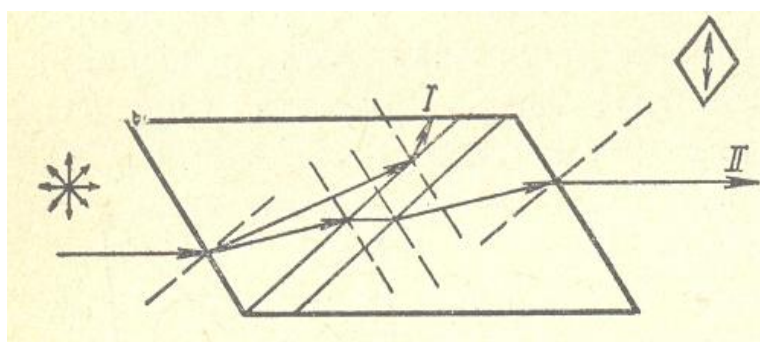
нурни тушиш текислиги билан мос келмайди, шу сабабли у ғайриоддий нур деб номланади.



Расм 2.9. Исланд шпатидаги икки мартабали нур синиши

Шуни таъкидлаш лозимки, оддий ва ғайриоддий нурлар тўлиқ поляризацияланган бўлиб, уларни поляризация текисликлари ўзаро перпендикуляр жойлашган. Тўлиқ поляризацияланган ёруғликни олишга мўлжалланган оптик асбоб

инглиз физиги Уильям Николь (1768-1851) томонидан таклиф этилган. Бу асбоб Николь призмаси ёки никол деб номланади. Николни тайёрлаш учун Исланд шпати кристалидан иккита тўғри бурчакли призмалар кесиб олиниб, улар катта катетлари бўйича ўзаро канада бальзами ёрдамида ёпиштирилади (расм 2.10). Кристалл клей чегарасида ғайриоддий нурни синиш бурчаги уни тушиш бурчагига нисбатан майдароқ бўлади. Ғайриоддий нур клей қатламини текис параллел пластинкалар орқали ўтгандай ўтади.



Расм 2.10. Никол призмаси

Оддий нур эса кристалл – клей чегарасида тўлиқ ички аксланишга учраши мумкин (агар уни тушиш бурчаги чегаравий қийматлардан катта бўлса). Тўлиқ аксланган

оддий нур николни қорайтирилган ён қисмида ютилади ва поляризатордан тўлқинлари бир текисликда тебранаётган биргина нур – ғайриоддий нур чиқади.

Канада бальзами ультрабинафша нурларни ютади. Шунинг учун бундай тайёрланган никол призмаси спектрни кўринадиган қисмидаги нурлар поляризатори ҳисобланади. Исланд шпати ультрабинафша нурлар учун тиниқ ҳисобланади, шунинг учун бошқа клейни (масалан, глицерин) ишлатилиши николдан спектрни ультрақисқа қисмида ҳам фойдаланиш имконини яратади.

Шундай моддалар мавжудки, уларни кристаллари учун нурни икки маротабали синдирилиши билан бир қаторда дихроизм ҳодисаси, яъни оддий ва ғайриоддий нурларни танлаб ютилиши (ўтказилиши) ҳосилдир. Яққол дихроизм хусусиятларини турмалин минерали намоён этади. Ушбу минерал кристалидан кесиб олинган 1 мм қалинликдаги пластина, уни оптик ўқига параллел йўналишда, оддий нурлар учун ўтмас ҳисобланади. Аммо бу табиий поляризаторни камчилиги унга турли тўлқин узунлигидаги ёруғлик учун турлича оптик зичликни намоён этишидир. Табиий поляризатор сифатида герпатит дихроик органик моддаси кенг ишлатилмоқда. Уни миллиметрни ўнлик улушлари қалинлигидаги кристаллари, спектрни кўринадиган қисмида 98 %га поляризацияланган ёруғлик олиш имконини беради. Поляризаторлар тайёрлашда герпатитни бир хил оптик йўналтирилган майда кристаллари целлулоид плёнкасида маҳкамланади. Бундай плёнкалар **поляроидлар** деб номланган.

Поляроидлар йодланган пластмассали плёнкалардан ҳам тайёрланиши мумкин. Бунда йод молекулаларини бир хил ориентирланиши ва пластмасса молекулаларини маълум ориентирланиши (плёнкаларни механик чўзиш натижасида) ҳисобида бундай тизимларни кучли намоён бўлган дихроизм хусусиятларига эришиш мумкин.

2.2.2. Поляризация текислигини бурилиши

Оптик фаол моддалар икки модификацияда, яъни ўнгга бурувчи ва чапга бурувчи бўлиши мумкин. Текис поляризацияланган ёруғлик

поляризация текислигини маълум бурчакка ўннга бурувчи моддалар ўннга бурувчи моддалар (d ёки (+) билан белгиланади) дейилади. Ёруғлик поляризация текислигини чапга (соат стрелкасига қарама-қарши) бурувчи моддалар чапга бурувчи моддалар (l ёки (-) билан белгиланади) деб юритилади. Физик ҳолатига боғлиқ бўлмаган ҳолда поляризация текислигини бурувчи моддалар ассиметрик молекула тузилишига эга.

Ушбу ҳодиса бу моддаларни кристалл панжараси структурасини ассиметрияси ёки улар молекулаларини ассиметрик тузилиши билан боғлиқ.

Поляризация текислигини фақат қаттиқ ҳолатда бурувчи моддалар ассиметрик жисмлар кўринишида кристалланади. Улар кристалларини кўзгудаги тасвири асл ҳоли (оригинал) билан мос келмайди. Қаттиқ кристалл ҳолдаги кварцни (SiO_2) рентгенографик тадқиқоти кристалл таркибига кирувчи кремний ва кислород атомларини ўнг (ўннга бурувчи кварц) ва чап (чапга бурувчи кварц) винтли чизиғи бўйича жойлашганини кўрсатди. Кварцни бу турлари, ўзаро шакли бўйича ҳам фарқланиб, уларни ҳар бири иккинчисини кўзгудаги тасвири ҳисобланади. Аморф (эритилган) кварц, аксинча, оптик фаолликка эга эмас.

Оптик фаолликни эритмаларда намоён этувчи моддалардаги бу хусусият улар молекулаларини анизотропияси билан боғлиқ. Бундай молекулалар марказ ва симметрия текислигига эга эмас. Қанд (шакар, фруктоза, глюкоза) ва кўпгина бошқа оптик фаол органик моддалар молекулаларидаги бундай структура тўртта турли атомлар ёки атомлар гуруҳи (радикаллар) билан боғланган ассиметрик атомларни мавжудлиги билан боғлиқ. Бундай комплексни тетраэдрик тузилишини ҳисобга олган ҳолда айнан ассиметрик углерод атомини мавжудлиги кўзгули изомерларни, демак, моддани ўннга бурувчи ва чапга бурувчи модификацияларини мавжуд бўлишини белгилайди.

Бир моддани тенг миқдорда олинган ўнг ва чап изомерлари оптик фаол бўлмаган молекуляр бирикмаларни ҳосил қилади. Буни сабаби шундаки, бу изомерлар бир хил қалинликдаги эиртма қатламида ва берилган ҳароратда

катталиги бўйича тенг ва ишораси бўйича қарама-қарши бўлган поляризация текислигини бурилиш бурчагини беради. Бу шакллар битта эритмада тенг концентрацияда бўла туриб бир-бирини оптик фаоллигини компенсациялайди ва бу ҳолда поляризация текислигини бурилиш бурчаги нолга тенг бўлади.

Изомерларнинг оптик, яъни кутбланган нур сатҳини ўнг ёки чапга буриш фаолияти изомерларнинг стерик конфигурациясига ҳар доим ҳам мувофиқ келавермайди. Масалан, ўнгга бурувчи сут кислотасини метил ва этил эфирлари мускулдан ажратиб олинган озод сут кислотасига монанд конфигурацияга эга бўлсада, кучли чапга бурувчанликка эга. Шундай қилиб, қаторни маълум бир аъзосини буриш ишораси қаторни ҳамма аъзолари учун умумий бўлган конфигурация тавсифи бўла олмайди.

Ҳозирги кунда кўпгина моддаларни стерик конфигурациялари ўрнатилган. Оптик фаол моддалар оптик конфигурациясини белгилаш учун D ва L лотин ҳарфлари ишлатилади.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, модда томонидан поляризация текислигини буриш бурчаги ўтувчи ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқ.

Поляризация текислигини буриш бурчаги катталиги модда табиати, поляризацияланган нур ўтаётган қатлам қалинлиги ва эритмалар учун эса оптик фаол компонент концентрациясига боғлиқ бўлади.

Алоҳида моддалар учун қуйидаги ифодани ёзиш мумкин:

$$\beta = \alpha \cdot \ell,$$

бу ерда β - қалинлиги ℓ бўлган қатламга мос келувчи поляризация текислигини буриш бурчаги;

α - модда табиати, поляризацияланган нур тўлқин узунлиги ва ҳароратга боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффициенти.

Ушбу коэффициентни моддани бирлик зичлиги d га нисбатан ҳисобланган қиймати солиштирма буриш дейилади.

$$\alpha_0 = \frac{\alpha}{d}$$

у ҳолда $\beta = \alpha_0 \cdot d \cdot \ell$ ва $\alpha_0 = \frac{\beta}{d \cdot \ell}$.

Шундай қилиб, текис поляризацияланган нурни солиштирма буриш бурчаги бу моддани бирлик зичлиги ва қатлам қалинлигига тўғри келувчи буриш бурчаги қийматидир.

Эритмалар учун солиштирма буриш бурчагини бирлик концентрация ва қатлам қалинлигига нисбати олинади:

$$\beta = \alpha_0 \cdot c \cdot \ell \text{ ва } \alpha_0 = \frac{\beta}{c \cdot \ell},$$

бу ерда c - оптик актив моддани концентрацияси ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Солиштирма буриш катталигини модда табиати билан бир қаторда ҳарорат поляризацияланган нур тўлқин узунлиги ва эритувчига боғлиқ бўлганлиги сабабли, солиштирма буришни 20°C да ва натрий алангасини сариқ линияси тўлқин узунлиги λ_D да аниқлаш қабул қилинган. У эритувчини кўрсатган ҳолда (α_D^{20}) билан белгиланади.

Трубка узунлиги ℓ (дм) ва эритма концентрацияси c ($\text{г}/100$ мл) бўлганда поляризация текислигини буриш бурчаги α ни қуйидаги формула билан ифодалаш мумкин:

$$\alpha = [\alpha_D^{20}] \cdot \frac{\ell \cdot c}{100}.$$

Бундан тадқиқот этилаётган моддани буриш бурчагини, поляризация трубка узунлигини билган ҳолда ва поляриметр ёрдамида поляризация текислигини буриш бурчагини аниқлай туриб тадқиқот этилаётган эритмадаги модда концентрацияси C (100 мл эритмада г да)ни ҳисоблаш мумкин:

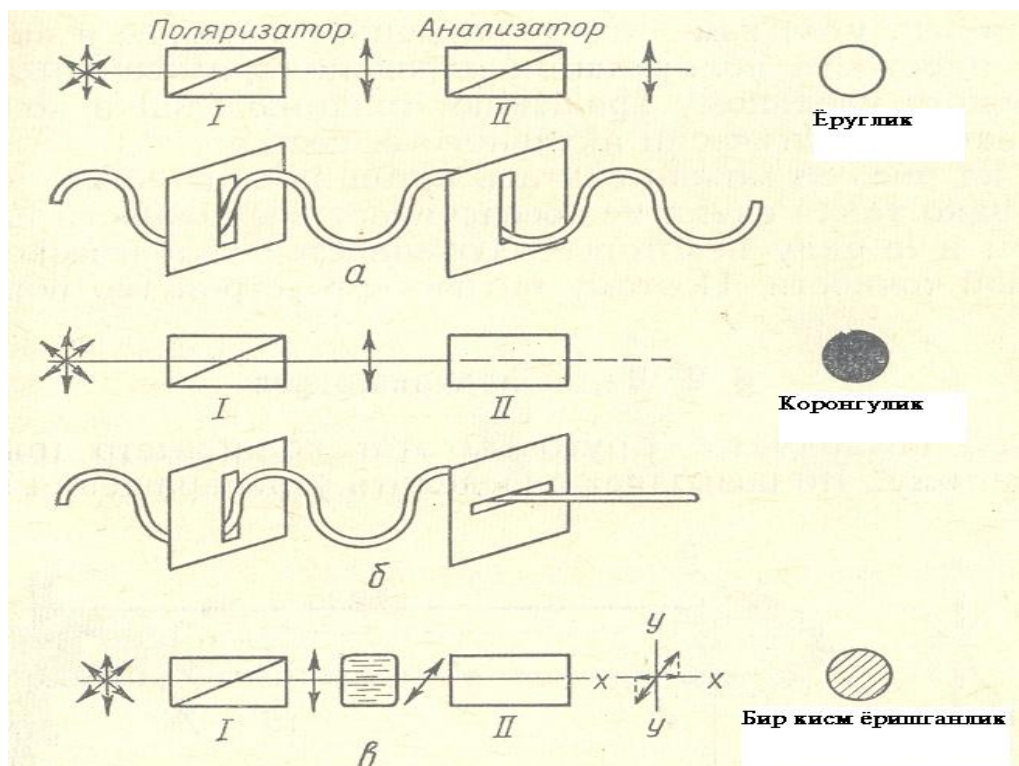
$$C = \frac{100 \cdot \alpha}{\ell \cdot \alpha_D^{20}}.$$

Турли оптик фаол моддалар учун текис поляризацияланган ёруғликни солиштирма буриш катталиклари аниқланган. Масалан, солиштирма буриш шакар учун $+66,53^\circ$, глюкоза учун $+52,50^\circ$, фруктоза учун эса $-93,00^\circ$ ни ташкил қилади.

2.2.3. Поляриметрни схемаси

Поляризация текислигини буриш бурчагини ўлчашга мўлжалланган асбоблар поляриметрлар деб номланади. Поляриметрлар поляризацияланган ёруғликни олиш (поляризатор) ва ҳодисани таҳлил қилиш (анализатор) қурилмаларига эга бўлиши керак. Асбобни анализатори оптик фаол модда орқали поляризацияланган ёруғликни ўтиши натижасида поляризация текислигини бурилган бурчак йўналиши ва катталигини аниқлайди. Маълумки, поляризаторлар сифатида никол призмаси ёки поляроид пластинкалари хизмат қилиши мумкин. Улар анализатор сифатида ҳам ишлатилиши мумкин.

Юқорида таъкидланганидек, никол орқали ўтган монохроматик ёруғлик текис поляризацияланган бўлади. Агар уни йўлида поляризация текислиги биринчи николни поляризация текислиги билан мос келадиган иккинчи никол жойлаштирилса, у ҳолда ёруғлик иккинчи никол орқали ўтади (расм 2.11, а). Бу ҳолда тизим ёруғлик учун тиниқ бўлади. Агар иккинчи никол горизонтал ўқи атрафида 90^0 га бурилса, унда бу николларни ёруғлик ўтказадиган текисликлари ўзаро перпендикуляр бўлади ва биринчи никол томонидан поляризацияланган ёруғлик иккинчи никол орқали ўтмайди. Бу ҳолда система тиниқ бўлмайди. Николларни ўзаро кесишган ҳолатдаги бундай жойлашуви **қоронғуликка ўрнатиш** дейилади. Бу операция расм 2.11да модел билан, яъни шнурда механик кўзғатилиб икки тирқишидан ўтказилган кўндаланг тўлқинлар билан таққосланади. Агар тирқишлар бир хил ориентацияланган бўлса, тўлқинлар иккинчи тирқиш орқали ўтади. Агар тирқишлар бир-бирига нисбатан 90^0 бурчак остида жойлашса, унда иккинчи тирқиш тўлқинларни сўндиради (расм 2.11, б).



Расм 2.11. Поляриметр ўлчашлар схемаси

Агар ўзаро кесишган ҳолатдаги николлар ўртасида оптик фаол моддага эга бўлган эритма жойлаштирилса, унда эритма орқали ўтган ёруғликни биринчи никол томонидан поляризация қилинган текислиги маълум бурчакка бурилган бўлади. Ёруғлик тўлқинларини тебранишлари содир бўлаётган текислик ҳам айнан шу бурчакка бурилади.

Бундай тизим қисман тиниқ бўлиб, иккинчи никол орқали ёруғлик энергиясини маълум қисми ўтади. Ёруғлик энергиясини бу қисми иккинчи николни бу ҳолатида уни ўтказиш текислиги билан мос келувчи тебранишли ҳаракат тузувчисига пропорционал (расм 2.11, в).

Бундай ҳолатни маълум даражада механик моделда ҳам тушунтириш мумкин. Агар шнур ўтказилган тирқишлар бир-бирига нисбатан маълум бурчак остида жойлаштирилса, тўлқинлар энергияси тўлиқ сўндирилмайди ва шнурга иккинчи тириқишдан кейин осилган қўнғироқ баланд овозда бўлмаса ҳам чалиниб туради.

Қисман ўтган ёруғлик энергиясини яна тўлиқ сўндириш учун иккинчи никол поляризация текислигини (тебранишлар текислигини) янги ҳолатига

нисбатан 90^0 бурчак остида жойлаштирилиши керак. Бунинг учун иккинчи николни ёруғлик поляризация текислиги бурилган бурчакка буриш кифоя. Агар бу бурчак ўлчанса у ҳолда топилган қиймат берилган оптик фаол модда эритмасини солиштира бурчаги, қатлам қалинлиги ва концентрациясига мос келувчи текис поляризацияланган ёруғликни буриш бурчаги ҳисобланади.

Расм 2.11 да келтирилган схема поляриметрни принципиал схемаси ҳисобланиб, оқ ёруғлик билан ишлаш имкониятини ва талаб қилинадиган аниқликни (одам кўзини баъзи хусусиятлари сабабли) таъминламайди. Шунинг учун поляриметрларни оптик қурилмалари анча мураккаб тузилишга эга.

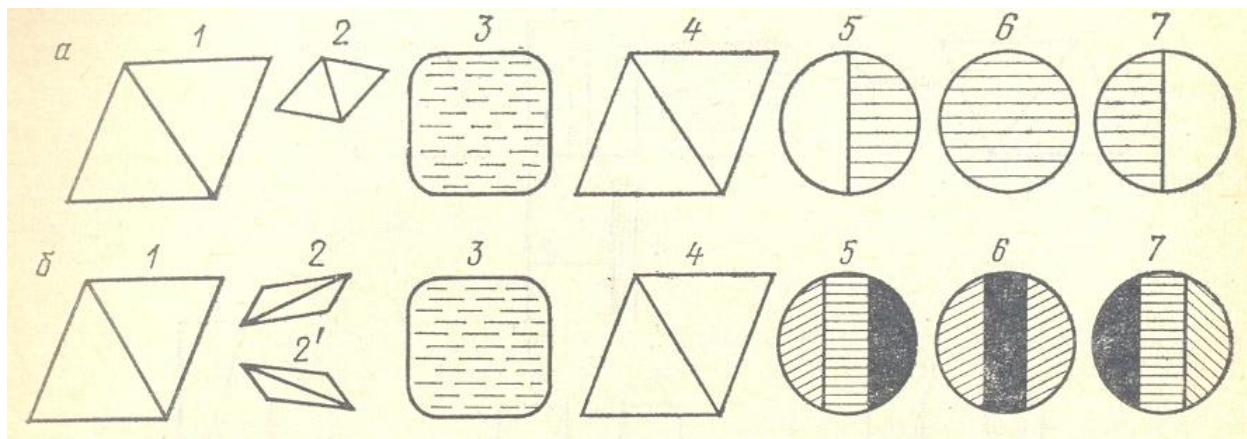
2.2.4. Поляриметрлар

Юқорида кўриб чиқилган поляриметр схемаси, одам кўзини тўлиқ қоронғуликни кучсиз ёруғликдан аниқ ажрата олмаслиги сабабли аниқ ўлчашлар учун яроқсиз ҳисобланади. Иккита ёнма-ён жойлашган текисликларни бир хил ёришмаганлигини фарқлаш анча осон ҳисобланади. Айнан бу принцип поляриметрияда кенг ишлатиладиган ярим қоронғилаштирилган қурилмаларни асосини ташкил қилади.

Ярим қоронғилаштирилган поляриметр схемаси расм 2.12 да келтирилган. Ушбу турдаги поляриметрларни ўзига хос хусусияти шундаки, поляризатор бир эмас, балки иккита (икки кўриш майдонли поляриметрлар) ёки учта (уч кўриш майдонли поляриметрлар) николлардан иборат.

Икки николлардан фойдаланилганда (расм 2.12, а), иккинчи никол биринчисидан кейин маълум бурчак ($2-3^0$) остида жойлаштирилади ва кўриш майдонини яримини эгаллайди. Поляризатор ва анализаторни параллел ҳолатида иккинчи никол орқали ҳамма нурларни ўтмаслиги сабабли кўриш майдонини биринчи ярми бирмнча қоронғулаштирилган, иккинчиси эса ёришган бўлади. Агар поляризатор ва анализаторни бош кесимлари текисликлари тўғри бурчак остида жойлашган бўлса, у ҳолда кўриш

майдонини йўлида қўшимча анализатор бўлмаган ярими қоронғи, иккинчи қисми эса кучсиз ёришган бўлади. Анализаторни айлантира туриб, кўриш майдонини иккала бўлагини кучсиз, аммо бир хил ёришганлигига эришиш мумкин. Бу ҳолат ярим қоронғуликларни тенглашуви дейилади.



Расм 2.12. Бир ва икки қўшимча николлар мавжуд бўлган ярим қоронғилаштирилган поляриметрлар схемаси.

1-николь-поляризатор; 2, 2'-қўшимча николлар; 3-тахлил қилинаётган суюқлик; 4-никол-анализатор; 5, 6, 7-никол-анализаторни турли ҳолатларида фотометрик майдонни кўриниши.

Поляриметр шкаласи анализатор билан шундай уланадики, ярим қоронғуликларни тенглашуви поляриметрни нол ҳолатига мос келади.

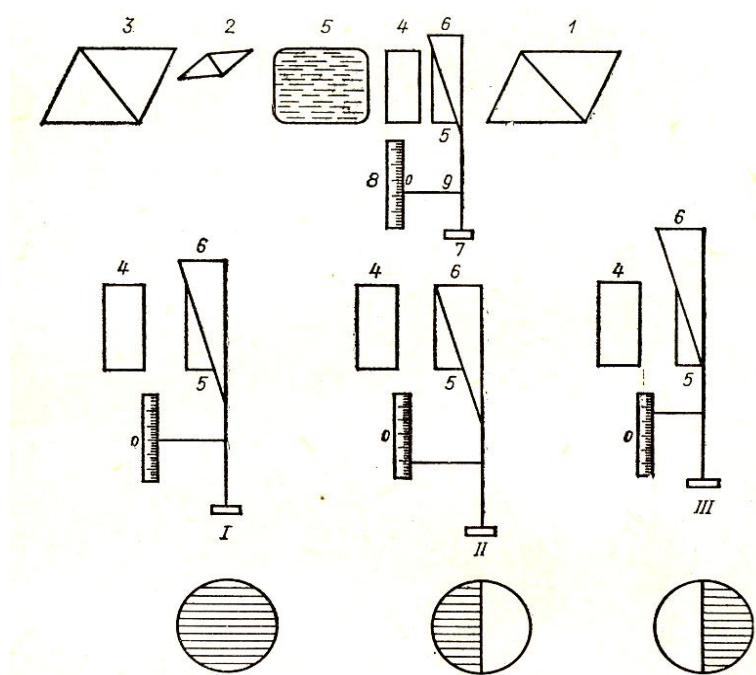
Агар анализатор ва поляризатор ўртасига оптик фаол модда эритмаси солинган трубка жойлаштирилса, кўриш майдонини иккала бўлақларини ёришганлик тенглиги кескин бузилади. Анализаторни айланитара туриб, яна ярим қоронғуликларни тенглашувига эришилади ва шкала билан уланган анализаторларни бурилиш бурчагига кўра моддани оптик фаоллиги ҳақида ҳукм чиқариш мумкин.

Агар анализатор учта николдан иборат бўлса, иккита қўшимча николлар асосий николга нисбатан маълум бурчак остида, аммо аниқ симметрик ҳолатда шундай ўрнатиладики, кўриш майдони уч қисмга бўлинган бўлсин (расм 2.12, б). Анализатор ва поляризаторни параллел ҳолатида кўриш майдонини ўрта қисми ёришган, ён сегментлари эса бир мунча қоронғулаштирилган бўлади. Уларни перпендикуляр ҳолатида эса кўриш майдонини ўрта қисми қоронғу, четки қисмлари эса кучсиз ёришган

бўлади. Анализаторни нол ҳолатида кўриш майдонини учала қисмлари кучсиз, аммо бир хил ёритилган бўлади.

Оптик фаол моддаларни буриш қобилияти ўтаётган ёруғликни тўлқин узунлигига боғлиқ бўлганлиги сабабли дисперсия (кўриш майдонини камалак рангларига бўялиши) олдини олиш учун монохроматик ёруғликдан фойдаланиш тавсия этилади.

Кўшимча николлар билан таъминланган ярим қоронгулаштирилган поляриметрлар анализатор билан бирга айланувчи айланма шкалага эга. Шкала 360° га бўлинган ва буриш бурчагини айлана градусларида ўлчаш имконини беради.



Расм 2.13. Сахариметрни оптик схемаси:
 1-анализатор; 2-қўшимча Никол; 3-поляризатор;
 4- ўнгга бурувчи кварцли кварц пластинкаси;
 5-ҳаракатсиз чапга бурувчи кварцли клин;
 6-ҳаракатланувчи чапга бурувчи
 кварцли клин; 7-микрометрик винт;
 8-шкала; 9-кўрсаткич.

Шакар ва крахмал-патока ишлаб чиқарилишида сахариметрлар деб номланадиган махсус поляриметрлар кенг ишлатилади. Улар эритмалардаги шакар концентрациясини юқори аниқлик билан аниқлаш имконини беради. Ҳозирги пайтда ишлатилаётган СУ-1, СУ-2 ва СУ-3 сахараиметрлари деярли бир хил оптик схемага эга (расм 2.13).

Сахариметр оптик схемасини ўзига хос

хусусияти шундаки, анализатор 1 қўшимча никол 2 билан таъминланган поляризатор 3 га нисбатан ярим қоронгулаштирилган ҳолатда жойлаштирилган ва ҳаракатсиз маҳкамланган. Тадқиқот этилаётган эритма

солинган трубка асбобга жойлаштирилмаган ҳолда (сахариметрни нол ҳолати) фотометрик майдонни иккала ярими бир хил қоронғулаштирилган.

Компенсацион қурилма ўнгга бурувчи текис параллел кварц 4 пластинкаси ва чапга бурувчи иккита клинлардан иборат. Бу клинларни бири 5 ҳаракатсиз маҳкамланган бўлиб, иккинчиси 6 ҳаракатчан ва микрометрик винт 7 буралганида биринчисига нисбатан ҳаракатланади.

I ҳолатда чапга бурувчи клинларни умумий қалинлиги ўнгга бурувчи пластинка қалинлигига тенг. Бу ҳолда пластинка ва клинлар орқали ўтган поляризацияланган ёруғликни поляризация текислиги ўнгга ҳам, чапга ҳам оғмайди.

Агар асбобга оптик фаол модда эритмаси солинган трубка жойлаштирилса, у ҳолда моддани хусусияти ва концентрациясига боғлиқ ҳолда ёруғликни поляризация текислиги маълум бурчакка ўнгга ёки чапга бурилади. Бу эса фотометрик майдонни иккала яримини қоронғулаштирилганлигини ўзгаришига олиб келади. Агар модда (масалан, шакар) поляризация текислигини ўнгга бурса, у ҳолда фотометрик майдонни тенг қоронғулаштирилганлигини таъминлаш учун клинларни чапга бурувчанлигини ошириш лозим. Бунга ҳаракатчан клинни клинлар (чапга бурувчи) умумий қалинлигини ўнгга бурувчи кварц қалинлигига нисбатан устунлиги таъминлангунича силжитиш билан эришилади (II ҳолат). Чапга бурувчи модда тадқиқот қилинганда ҳаракатчан клин тескари томонга силжитилади (III ҳолат). Ҳисоб поляризация текислигини буриш бурчакларида даражаланган шкала 8 бўйича олиб борилади. Кўрсаткич 9 микрометрик винт буралганида ҳаракатланади.

Поляризация текислигини бурилиш бурчагини клин ҳаракатланиши бўйича ўлчаш анализаторни айланиши бўйича ҳисоблашга нисбатан аниқроқ амалга оширилиши мумкин. Сахариметр шакар бўйича даражаланган чизиқли шкалага эга. Бу шкаладаги 100° поляриметрни $34,62$ айлана градусларига мос келади. Сахариметрни чизиқли шкаласи поляриметрни айлана градусларига айлантирилиши мумкин: поляриметрни 1° айлана

шкаласи сахариметрни $2,883^0$ чизиқли шкаласига мос келади ёки сахариметрни 1^0 чизиқли шкаласи поляриметрни $0,3468^0$ айлана шкаласига тенг.

Агар 20^0C ҳароратда 100 мл да 26 г кимёвий тоза, абсолют курук шакар мавжуд бўлган эритма узунлиги 200 мм бўлган трубкага жойлаштирилиб поляризация қилинса, сахариметр 100^0 ни кўрсатади. Демак, чизиқли шкалани бир бўлинмаси (шартли 1^0) 100 мл да 0,26 г шакар мавжуд бўлган эритмага мос келади.

26,00 г намуна ўлчами нормал намуна ўлчами ва эритма учун мўлжалланган узунлиги 200 мм ли поляриметрлик трубка нормал трубка дейилади.

Сахариметрдан фойдалана туриб, шакарли маҳсулотлардаги шакар фоизини аниқлаш мумкин. Бунинг учун маҳсулотни нормал намуна ўлчами тортиб олинади ва 100 мл ли ўлчов колбасида эритма тайёрланади (ҳарорати 20^0C бўлган дистилланган сув ёрдамида белгисигача етказилади). Узунлиги 200 мм ли трубка ишлатилганда сахариметр шкаласи тадқиқот қилинаётган маҳсулотдаги шакар фоизини кўрсатади.

Сахариметр катта – асосий ва кичик нониус шкалаларига эга. Асосий шкалани бир бўлинмаси 1^0 га мос келади. Нониус шкаласи эритма концентрациясини $0,1^0$ аниқликача аниқлаш имконини беради.

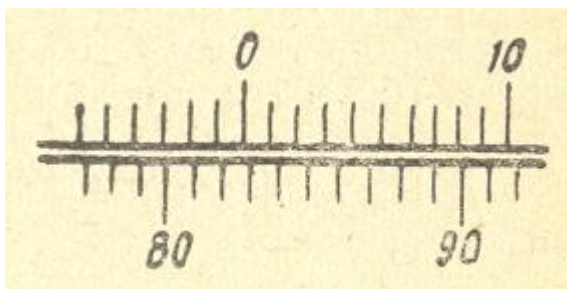
Сахариметрлар натрий алангасини монохроматик ёруғлигини талаб қилмайди ва оддий ёруғликда ишлаши мумкин. Бундай имконият, кўринадиган спектр қисмини барча тўлқин узунликларида ўнгга бурувчи шакар ва чапга бурувчи кварцни поляризация текислигини буриш бурчакларини ўзаро тенглиги ва қарама-қарши эканлиги билан тушунтирилади. Демак, агар клинлар қандайдир тўлқин узунлигидаги ёруғлик учун поляризация текислигини буриш бурчагини компенсациялаш ҳолатида ўрнатилган бўлса, у бошқа тўлқин узунликларига мос келувчи нурлар учун ҳам компенсацияланган бўлади. Натижада айланма дисперсия,

яъни поляризация текислигини буриш бурчагини ёруғлик тўлкин узунлигига боғлиқлиги нолга етказилади ва кўриш майдони бўялмай қолаверади.

Сахариметрда ишни бажариш тартиби. Ишни бошлашдан олдин асбобни нол ҳолати текширилиши керак. Бунинг учун ҳисоблаш лупасига қарай туриб, дастак ёрдамида ҳаракатчан шкалани ноли нониусни (юқорида жойлашган ҳаракатланмайдиган шкала) ноли билан бирлаштирилиши керак. Бу ҳолатда кўриш трубасини иккала ярими бир хил ёришган бўлиши лозим.

Шундан сўнг тоза ювилган ва қурилган ёки тадқиқот қилинаётган эритма билан чайилган трубкага воронка орқали тадқиқот қилинаётган эритма уни юқори мениски трубка гардишига етгунича қуйилади. Эритмани ҳарорати 20°C бўлиши керак. Эритмадаги ҳаво пуфакчаларини юқорига кўтарилиши учун бир мунча вақт кутилади. Ҳаво пуфакчаларини юқорига кўтарилишини тезлаштириш учун трубка деворларига бармоқлар билан енгилгина уриш мумкин. Кейин трубка қоплагич шишаси билан бекитилади. Шиша остида ҳаво пуфакчалари қолмаганлигини кузата туриб, гайка буралади. Қоплагич шишлари ташқаридан яхши артилади ва асбобни поляризатор ва анализатори ўртасидаги камерага жойлаштирилади. Кўриш майдонини иккала яримини ёришганлиги асбобни нол ҳолати текширилганлиги каби ўрнатилади. Шундан сўнг кўрсатишлар асосий шкала бўйича 1° аниқлик билан нониус ёрдамида эса $0,1^{\circ}$ аниқлик билан қайд қилинади. Натижани қайд қилиш олдидан компенсаторни топилган ҳолатини изланаётганга мос келиши текширилиши керак. Бу мақсадда зўрға сезиладиган ҳаракатлар билан дастак аввал бир томонга ва кейин иккинчи томонга бурилиши керак. Бунда кўриш майдонини иккала яримини ёришганлиги сезирларли даражада ўзгариши керак. Бир хил ёришганлик қайта ўрнатилади ва натижа қайд қилинади. Натижалар лупа ёрдамида ҳисобланади. Бутун градуслар ҳаракатчан шкала бўйича (шкалани нолидан нониусни нолигача), ўнлик улушлар эса нониус бўйича (нониусни нолидан бошлаб уни шкалани қандайдир бўлинмаси билан мос келувчи бўлинмасигача) ҳисобланади.

Расм 2.14 да $82,7^{\circ}$ га мос келувчи шкала ва нониус ҳолатлари тасвирланган.



Расм 2.14. Клинь компенсацияли сахариметрнинг шкаласи

Ҳисоблаш дастакни ҳар гал нол ҳолатига қайтара туриб, камида уч марта амалга оширилади ва ўрта арифметик қиймат ҳисобланади. Сахариметр чизиқли шкаласини 1° , узунлиги 200 мл бўлган трубка ишлатилганда, 100 мл эритмада мавжуд бўлган 0,26 г шакарга мос

келишини билган ҳолда тадқиқот қилинаётган эритмадаги шакар миқдорини ҳисоблаш мумкин. Расм 2.14 да қайд қилинган асбоб кўрсатиши учун куйидагини (100 мл эритмада г да) ташкил қилади: $82,7 \times 0,26 = 21,5$.

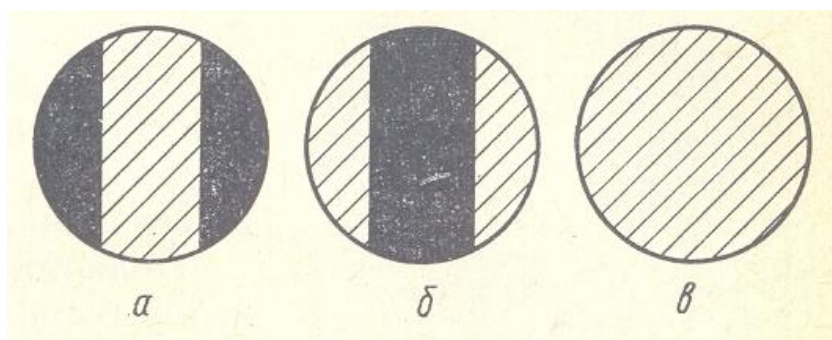
Баъзи поляриметрлар моделларида (айланма поляриметр, кўчма поляриметр) бошқа оптик схемалар ишлатилади.

Айланма поляриметр. Айланма поляриметр буриш бурчагини $\pm 360^{\circ}$ чегараларида аниқлаш имконини беради. Бу асбобда поляризатор ва анализатор сифатида герпатитли плёнкалар ишлатилган. Светофильтр ва поляроид хусусиятлари шундай уйғунлашганки, поляризатордан ўтган ёруғликни энг юқори интенсивлиги, натрий спектридаги D сариқ линиялар тўлқин узунлигига тенг бўлган нурларга мос келади. Бу эса оддий ёруғлик манбаларидан фойдаланиб ишлаш имконини яратади. Светофильтр мавжуд бўлмаганида кўриш майдони айланма дисперсия сабабли камалак рангларига бўялиши мумкин эди.

Поляризацияланган ёруғлик йўлида кварц пластинкали диафрагма ўрнатилган бўлиб, у орқали ёруғлик дастасини фақат ўрта қисмидаги нурлар ўтади. Бу пластинка поляризатордан чиққан ёруғлик поляризация текислигини $5-7^{\circ}$ га буриш имконини яратади. Натижада поляризатор ва анализаторни ўзаро кесишган ҳолатида, кўриш трубасида кўринадиган

фотометрик майдонини фақат ўнг ва чап қисмлари қоронғулаштирилган бўлади (расм 2.15, а).

Асбоб анализаторини буриш орқали фотометрик майдоннинг ўрта қисмидаги ёришганликни бир мунча кучсизлантириш ва бир вақтни ўзида уни четки қисмлари ёришганлигини кучайтириш мумкин. Натижада кўриш майдонини бир хил қоронғулаштирилганлигини (расм 2.15, в) таъминловчи анализатор ҳолати топилиши мумкин. Асбобни бир хил қоронғулаштирилган бундай ҳолати, дастлаб тадқиқот қилинаётган эритма солинган трубка ёки



Расм 2.15. Айланма поляриметрда фотометрик майдонни кўриниши

сув тўлдирилган трубка билан қайди қилинади (нол нуқта).

Асбобга оптик фаол модда билан тўлдирилган

трубки

жойлаштирилиши

бир хил қоронғулаштирилган ҳолатни бузилишига олиб келади. Майдонни бир хил қоронғулаштирилган ҳолатини тиклаш учун анализаторни бу моддани поляризация текислигини буриш бурчагига тенг бўлган бурчакка буришни талаб қилади. Бу бурчак катталиги 360° ли айланма шкалани бўлинмалари бўйича ҳисобланиши мумкин. Нониусни мавжуд бўлиши бурчакларни $0,05^{\circ}$ аниқлик билан ҳисоблаш имконини беради.

10° дан ката бўлган буриш бурчакларини ўлчашда поляризацион дисперсия ва фотометрик майдон бўялишини олдини олиш мақсадида монохроматик ёруғлик манбаидан фойдаланиш керак бўлади.

Кўчма поляриметр. Кўчма поляриметр П-161М (расм 2.16) айланма поляриметрни модификацияси ҳисобланиб, чекланган ($\pm 20^{\circ}$) ўлчаш чегараларига эга. Бу асбобда фотометрик майдонни уч қисмга бўлиниши, айланма поляриметрлардаги каби поляризаторни марказига нисбатан симметрик ҳолатда ўрнатилган кварцли пластника ёрдамида таъминланади.

Ушбу поляриметрни поляризатор ва анализатори ҳимоя шишалари ўртасида



ўрнатилган поляроид плёнкасида тайёрланган.

Асбоб билан ишлаш пайтида, анализаторни ўнг ёки чапга буриш (ёруғликни поляризация текислигини буриш бурчаги ишорасига мувофиқ) орқали фотометрик майдонни бир хил қоронғулаштирилишига эришилади ва шкала бўйича буриш бурчаги ҳисобланади.

П-161М да нониус бўйича бурчакни ҳисоблаш хатолиги $0,1^{\circ}$ ни ташкил қилади.

Расм 2.16. П-161М русумли лаборатория поляриметри

2.3. Рефрактометрия асослари

Рефрактометрик таҳлил моддаларни синдириш коэффициентини аниқлашга асосланган. Бу кўрсаткич қийматига кўра моддаларни эритмалардаги миқдори баҳоланиши мумкин. Ушбу усул ёғлар, томат маҳсулотлари, мураббо, джем, сут ва сут маҳсулотлари ва бошқа озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда кенг қўлланилади. Ушбу усул ширин сузмали маҳсулотларни, куюлтирилган сутни назорат қилишда, сут ва сут маҳсулотларидаги лактоза миқдорини аниқлашда ишлатилади. Шунингдек, ушбу усул ёрдамида пазандалик маҳсулотлари, таомлар ва ярим тайёр маҳсулотлардаги ёғ миқдори, сироп, ичимлик ва желелардаги қурук

моддалар миқдори ҳам аниқланади. Рефрактометрик усул таҳлилни оддийлиги, юқори аниқлиги, жуда кам миқдордаги модда сарфини талаб этиши ва таҳлил учун кам вақт талаб қилиниши сабабли озиқ-овқат маҳсулотлари сифатини тадқиқот этишда кенг фойдаланилмоқда.

2.3.1. Синдириш кўрсаткичи

Ёруғлик нурини бир муҳитдан иккинчисига ўтишида, уни бошланғич йўналишидан четланиши ёруғликни бу икала муҳитдаги тарқалиш тезликлари ўртасидаги фарқ ошиши билан ошади. Маълумки, ёруғликни энг катта тарқалиш тезлиги вакуумда кузатилади ва секундига $3 \cdot 10^8$ метрни ташкил қилади. Вакуум оптик зичлиги энг кам муҳит ҳисобланади.

Берилган тиниқ муҳит (модда) учун абсолют синдириш кўрсаткичи ёруғликни вакуумдаги тарқалиш тезлиги U_B ни уни бу муҳит (модда)даги тарқалиш тезлиги U_c га нисбатидир.

$$N = \frac{U_B}{U_c}.$$

Ёруғликни вакуумдаги тезлиги уни ҳаводаги тезлигига нисбатан 1,00027 марта катта, демак:

$$N_{\text{хаво}} = \frac{U_B}{U_x} = 1,00027$$

Ҳоҳлаган икки муҳит (I ва II) учун, агар ёруғлик оптик зичлиги кичик бўлган муҳитдан (I муҳит) оптик зичлиги катта бўлган муҳитга (II муҳит) ўтишида, II муҳитдаги нури синиши нисбий синдириш кўрсаткичи $n_{\text{нис}}$ билан тавсифланади.

$$n_{\text{нис}} = \frac{v_I}{v_{II}},$$

бу ерда v_I ва v_{II} - ёруғликни тегишлича I ва II муҳитлардаги тарқалиш тезлиги.

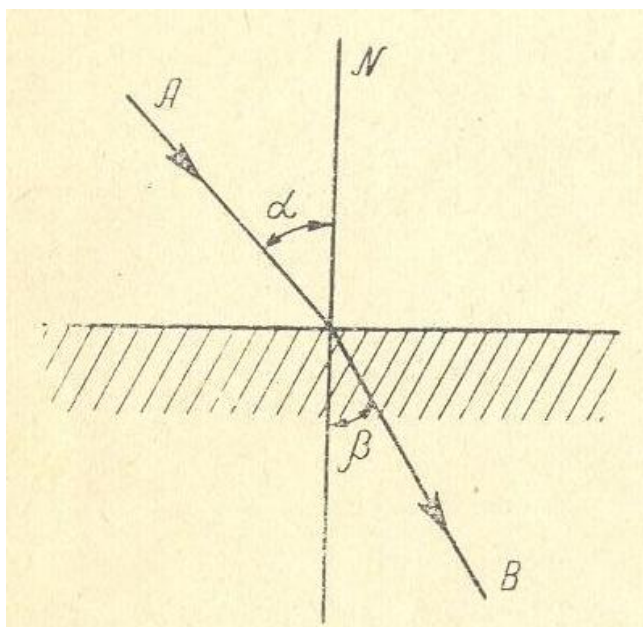
Амалиётда абсолют коэффициентига яқин бўлган нисбий синдириш кўрсаткичлари, яъни нурни ҳаво ва тадқиқот этилаётган муҳитдаги тарқалиш тезликлари ўзаро нисбати ишлатилади. Ёруғликни ҳаводаги тарқалиш тезлиги уни вакуумдаги тезлигидан атиги 0,03 %га кам ва ҳавони 0^0 даги абсолют синдириш кўрсаткичи 1,0000293 га тенг.

Қаттиқ ва суяқ жисм синдириш кўрсаткичлари ҳақида гапирилганда уларни ҳавога нисбатан олинган нисбий синдириш кўрсаткичлари назарда тутилади. Бу катталиқлар n билан белгиланади ва синдириш кўрсаткичлари дейилади.

Юқоридаги тенгликлардан N ва n катталиқлари ўртасида қуйидаги боғлиқлик мавжудлиги келиб чиқади

$$N = n \cdot 1,00027$$

Рефракция – бу нурни бир муҳитдан зичроқ ёки сийрак иккинчи муҳитга ўтишида кузатиладиган синиши ёки нурни йўналишини



Расм 2.17. Нурни икки муҳит чегарасида синиши

тезликлари нисбатига тенг

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

ўзгаришидир. Тушаётган ва синаётган нурлар ҳамма вақт бир текисликда ётади (расм 2.17).

Синдириш кўрсаткичи ёки коэффициент n бу тушиш бурчаги α синусини уни синиш бурчаги β синусига нисбатидир.

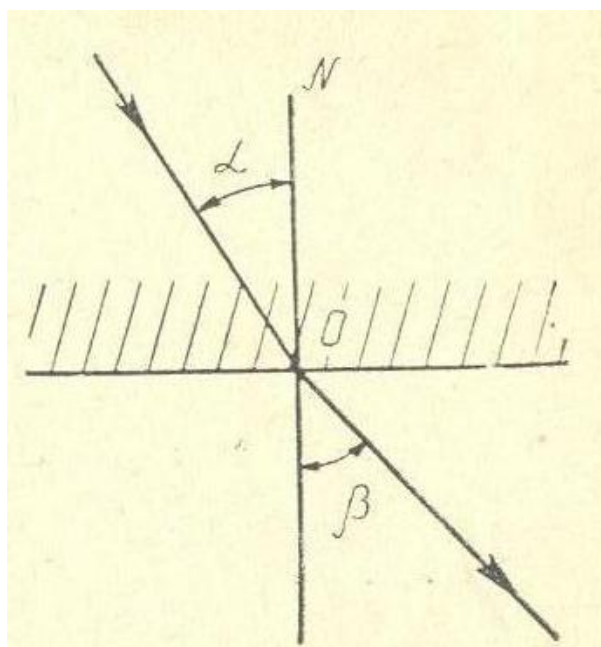
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

Ушбу нисбат шу икки оптик бир жинсли муҳитлар учун ўзгармас катталиқ бўлиб, ёруғликни иккала муҳитдаги тарқалиш

$N > 1$ эканлиги ҳисобга олинса, $\angle \alpha > \angle \beta$ эканлиги маълум бўлади.

Нурни ҳаводан иккинчи зичроқ муҳитга ўтишида синиш бурчаги тушиш бурчагига нисбатан доимо майда бўлади. Нурни зич муҳитдан, зичлиги камроқ бўлган иккинчи муҳитга ўтишида эса синиш бурчаги тушиш бурчагидан каттароқ бўлади (расм 2.18). Бунда

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$$



Расм 2.18. Нурни зич муҳитдан зичлиги камроқ муҳитга ўтишида синиши

Синдириш кўрсаткичи ушбу модда учун ўзгармас катталиқ бўлиб, у модда табиати, зичлиги, келиб тушаётган ёруғлик тўлқин узунлиги, ҳарорат ва босимга боғлиқ.

Модда табиати уни молекулаларини ёруғлик таъсирида деформацияланиши даржасини - поляризацияланиш даражасини белгилайди. Поляризацияланиш қанчалик

интенсив бўлса, ёруғликни синиши ҳам шунчалик кучли бўлади. Модда зичлигини ўзгариши синдириш кўрсаткичи катталигига сезиларли аксланади. Зичликни ошиши босим ошишини (айниқса, газ муҳитларида) ёки моддани бир аллотропик модификациядан иккинчисига ўтишида қаттиқ жисмни қайта кристаллизацияланиш натижаси бўлиши мумкин ва бу ҳолат синдириш кўрсаткичинини ошишига олиб келади. Суюқлик ва қаттиқ жисмларни сиқилувчанлиги жуда майда бўлганлиги сабабли уларни синдириш кўрсаткичи босимга боғлиқ эмас. Атмосфера босимини ўзгариши бу ҳолда амалий жиҳатдан ҳеч қандай таъсир қилмайди.

Эритмалар билан ишлашда синдириш кўрсаткичи ва эритмадаги моддани фоиз миқдори ўртасида ҳамма вақт ҳам тўғри боғлиқлик мавжуд эмаслигини ҳисобга олиш керак бўлади. Шунинг учун синдириш кўрсаткичи бўйича эритмадаги модда концентрацияси ҳақида хулоса қилиш фақат бу катталиқлар ўртасидаги боғлиқликни ифодаловчи эгри чизиқлар мавжуд бўлган ҳолларда мумкин. Кўпгина ҳолларда синдириш кўрсаткичи бўйича эритмадаги модда миқдорини аниқлаш имконияти йўқ, чунки концентрацияни анча ўзгаришларида ҳам синдириш кўрсаткичи жуда кам ўзгаради (масалан, метил спирти эритмалари учун). Эритмада иккита модда мавжуд бўлса, бу ҳолда фақат синдириш кўрсаткичи бўйича тизим таркиби ҳақида фикр юритиш мумкин эмас. Бундай шароитда қандайдир бошқа физик-кимёвий катталиқларни (масалан, қайнаш ёки эриш ҳарорати, солиштирма оғирлик ва бошқалар) қўшимча билиш талаб қилинади.

Ҳароратни газ ва суюқ жисмлар синдириш кўрсаткичи қийматларига таъсири уларни ҳажмий кенгайиш коэффициентлари катталиги билан боғлиқ. Барча газсимон ва суюқ жисмларни ҳажми иситилганда ошади, зичлиги камаяди, натижада синдириш кўрсаткичи ҳам камаяди. Бу ҳолда ҳамма вақт ҳам ҳароратни ошиши синдириш кўрсаткичинини камайишига олиб келмайди. Бунда асосий омил модда поляризацияланиш даражасини ҳарорат ошиши билан ошиши ҳисобланади. Синдириш кўрсаткичинини ҳароратга бундай боғлиқлигини ҳисобга олган ҳолда рефрактометрлик ўлчашлар 20°C ҳароратда амалга оширилади. Ҳароратни 20°C дан чекланишида тегишли ҳарорат тузатишлари киритилади.

Синдириш кўрсаткичинини ёруғликни тўлқин узунлигига боғлиқлиги дисперсия (лотинчадан *disperses* - сочилганлик) деб номланади. Электронларни ёруғлик тўлқининини моддага таъсири билан боғлиқ бўлган мажбурий тебранишлари атом ва молекулаларни поляризацияланиши сабабчиси бўлиб, ёруғликни синишига олиб келади. Ёруғликни тўлқин узунлиги ва синиши ўртасидаги муносабат шундайки, тушаётган тўлқин узунлиги қанчалик кичик бўлса, синиш шунчалик катта бўлади. Шунинг

учун ҳам турли тўлқин узунликдаги нурлар турлича синади. Кўринадиган ёруғлик учун энг ката синдириш коэффиценти бинафша нурларга (тўлқин узунликлари интервали 397-424 нм), энг кичиги эса қизил нурларга (тўлқин узунликлари интервали 640-723 нм) мос келади. Шу сабабли турли тўлқин узунлигидаги нурлардан иборат бўлган оддий ёруғлик бошқа муҳитга киритилса, у бир неча монохроматик (оддий) нурлар ҳосил қилиб ажралади. Натижада рангли камалак тасмаси ҳосил бўлади. Буни олдини олиш учун ўлчашларда монохроматик ёруғликдан фойдаланиш зарур бўлади.

Синдириш кўрсаткичларини жадвал қийматлари кўп ҳолларда натрий спектрини сариқ чизиғи (D чизик) учун келтирилади ва n_D билан белгиланади. Бу линияга мос келувчи тўлқин узунлиги $\lambda_D = 589$ нм. Бундан ташқари, синдириш кўрсаткичи уларни келиб тушаётган ёруғликни қандай тўлқин узунлигига мос келишига кўра бошқа индекслар билан ҳам белгиланиши мумкин. Масалан:

n_c - водородни қизил чизикларига мос келади, C чизиғи ($\lambda = 656$ нм);

n_B - водородни кўк чизиғига мос келади, B чизиғи ($\lambda = 486$ нм);

n_G - водородни бинафша чизиғига мос келади, G чизиғи ($\lambda = 434$ нм).

2.3.2. Синдириш кўрсаткичини аниқлаш

Қандайдир икки тиниқ муҳитлар I ва II чегарасидаги нур синишини кўриб чиқамиз (расм 2.19). Шартли равишда II муҳит I муҳитга нисбатан катта синдирувчанлик хусусиятига эга деб қабул қиламиз.

Агар I ва II муҳитлар синдириш кўрсаткичини тегишлича n_I ва n_{II} билан белгиласак, унда $n_{II} > n_I$. I муҳит вакуум ва ҳаво бўлмаса, унда ёруғлик нурини тушиш бурчаги синисуни уни синиш бурчагига нисбати нисбий синдириш кўрсаткичи $n_{\text{нис}}$ катталигини ифодалайди. $n_{\text{нис}}$ катталиги, шунингдек кўриб чиқиладиган муҳитлар синдириш кўрсаткичлари нисбати сифатида ҳам аниқланиши мумкин:

$$n_{\text{нис}} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{\text{II}}}{n_{\text{I}}}.$$

Тушиш бурчаги α ни ошиши синиш бурчаги β ни ошиши билан кечади, аммо синиш бурчаги β тушиш бурчаги α дан кичик бўлиб қолаверади. Тушиш бурчаги 90° га етганда, синиш бурчаги 90° дан кичик бўлган қандайдир чегаравий катталиқка эришади.

Бу ҳолда тушаётган нур икки муҳит чегараси бўйлаб силжийди. Агар бурчак $\alpha=90^\circ$ бўлса, у ҳолда $\sin \alpha=1$. Демак, ифода

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{\text{II}}}{n_{\text{I}}}$$

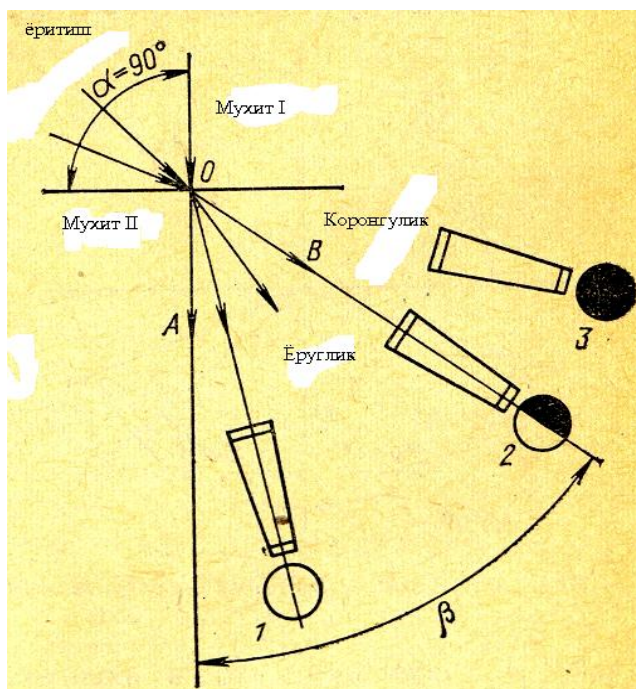
қуйидагига ёзилиши мумкин

$$\frac{1}{\sin \beta} = \frac{n_{\text{II}}}{n_{\text{I}}},$$

у ҳолда,

$$n_{\text{I}} = n_{\text{II}} \cdot \sin \beta.$$

Фараз қиламиз I муҳит синдириш кўрсаткичи (n_{I}) аниқланадиган муҳит, II муҳит эса синдириш кўрсаткичи (n_{II}) маълум бўлган оптик шишадан тайёрланган муҳит бўлсин. Юқорида келтириб чиқарилган



Расм 2.19. Чегаравий синиш бурчаги катталигини ўлчаш схемаси

ифодадан шу аён бўлдики, n_{I} ни аниқлаш учун β бурчак катталигини ўлчаш кифоя экан.

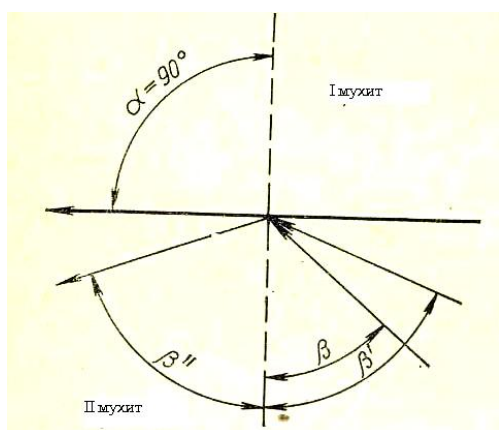
Расм 2.19 дан кўриниб турибдики, тушиш бурчагини 0 дан 90° гача ўзгартиришда, синган нурлар OA ва OB нурлар билан чегараланган ёруғлик дастаси чегарасидан чикмайди. OB нурдан кейин фазо жойлашган ёруғлик нурларига эга эмас ва OB нур ёруғлик ва қоронғулик чегараси ҳисобланади. OB нур муҳит чегарасига туширилган перпендикуляр билан **чегаравий**

синиш бурчаги β га тенг бўлган бурчак ҳосил қилади ва чегаравий нур деб номланади.

Синган нурлар йўлида силжийдиган кўриш трубаси, уни мумкин бўлган ҳар бир ҳолатидаги оптик ўқи бирор-бир синган нурлар йўналишига мос келадиган тарзда ўрнатилган бўлсин. У ҳолда кўриш трубасини 1 ҳолатида трубани кўриш майдони ёритилган, 3 ҳолатида эса тўлиқ қоронғулаштирилган бўлади. Оралиқ 2 ҳолатда кўриш трубасини оптик ўқи ёруғлик ва қоронғулик чегараси ҳисобланмиш ОВ нур билан мос келади ва кўриш майдонини ярими ёришган, ярими эса қоронғулашган бўлади. Бу ҳолда муҳитлар чегарасига туширилган перпендикуляр ва трубани оптик ўқи ўртасидаги бурчак айнан ахтарилаётган β бурчак ҳисобланиб, у трубани махсус шкала нолига нисбатан осон ўлчаниши мумкин.

Маълумки синдириш кўрсаткичи n_{II} га эга бўлган синувчи муҳит II да β бурчак катталиги изланаётган синдириш кўрсаткичи n_I , яъни тадқиқот этилаётган муҳит I табиати билан белгиланади.

Тушувчи ва синган нурлар қайтувчан ҳисобланади. Кўпроқ синдирувчи II муҳитдан камроқ синдирувчи I муҳитга йўналтирилган нурни тушиш бурчагини β гача ошира туриб, синган нурни нормалга нисбатан 90° бурчак ҳосил қилган ҳолатига эришиш мумкин (расм 2.20). Бунда синган нур гўёки



Расм 2.20. Тўлиқ ички аксланиш

икки муҳит чегарасида силжийди. Тушиш бурчагини янада кўпроқ ошиши сари синган нур муҳит чегарасидан умуман чиқмайди ва чегара юзасидан тўлиқ аксланади. II муҳитдан β бурчакдан каттароқ β' бурчак остида йўналтирилган нурни синиши кузатилмайди ва уни шу муҳитни ўзига β'' бурчак остида тўлиқ аксланиши

содир бўлади. Аксланиш қонуниятларига биноан β'' бурчаги β' бурчагига тенг. Бу ҳодиса **тўлиқ ички аксланиш** деб номланади.

Синган нурни икки муҳит чегарасида силжишини таъминловчи нурни β тушиш бурчаги **чегаравий тушиш бурчаги** дейилади.

Шундай қилиб, юқорида баён этилган синдириш кўрсаткичини аниқлаш принципи чегаравий бурчаклар катталигини ўлчашга (чегаравий бурчак усули) асосланган.

2.3.3. Рефрактометрлар

Суюқ моддалар ва эритмалар синдириш кўрсаткичини аниқлашга мўлжалланган асбоблар рефрактометрлар дейилади. Ушбу асбобларни иккита асосий турлари мавжуд, яъни Аббе туридаги рефрактометрлар ва Пульфрих типидagi рефрактометрлар. Иккала турдаги бу рефрактометрлардаги ўлчаш чегаравий синдириш бурчаги катталигини аниқлашга асосланган.

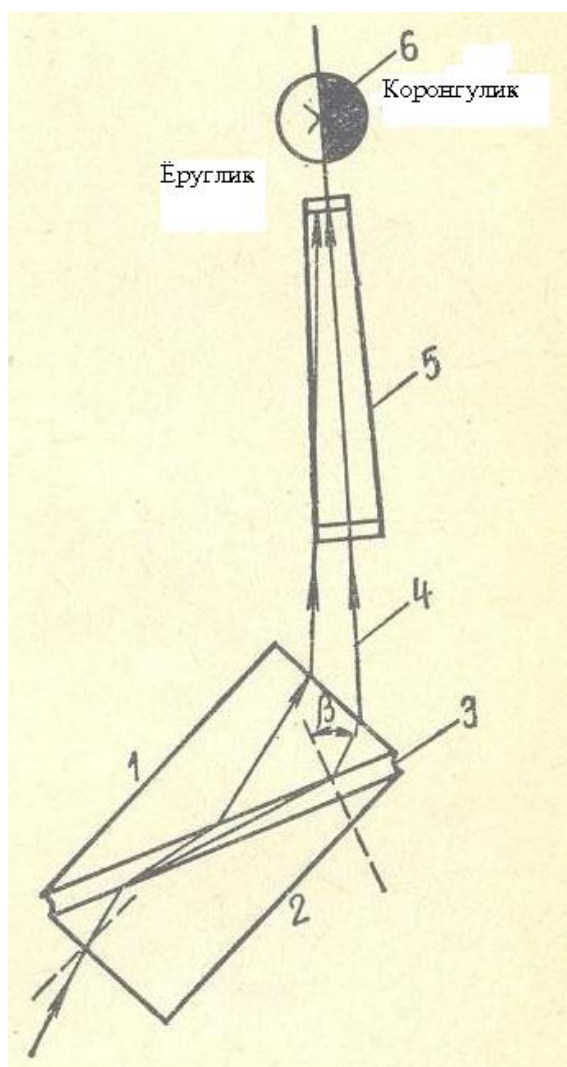
Аббе туридаги рефрактометрларга РЛУ (универсал лаборатория рефрактометри), ИРФ-22, РПЛ-3 (озик-овқат лаборатория рефрактометри), РП (кўчма рефрактометр), РП “Карат-МТ”, ИРФ-457, ИРФ-460, ИРФ-464 ва бошқалар тегишли.

Аббе рефрактометрларини асосий қисми ўлчов (1) ва ёритувчи (2) призмалардан иборат бўлган призмали блок ҳисобланади (расм 2.21). Тадқиқот этилаётган суюқликни юпқа қатлами (3) бир-бирига зич қисилган иккала призмаларни гипотенуза томонлари ўртасида жойлашган бўлади. Ёритувчи призмани гипотенуза томони ғадир-будур бўлиб, ундан тадқиқот этилаётган суюқлик қатламига кирувчи нурларни сочилишини таъминлайди. Шунинг учун ёруғлик нурлари суюқлик қатламига турли йўналишларда кириб боради. Аммо, суюқликни бундай ёрита туриб тушиш бурчаги аниқ 90° бўлган нурларни олиш мумкин эмас. Суюқлик қатламини унчалик катта

бўлмаган қалинлигини эътиборга олган ҳолда, хусусан, техникавий ўлчашларда бу ҳолат ҳисобга олинмаслиги мумкин.

Тушиш бурчаги тўғри чизикқа энг яқин бўлган чегаравий нур билан кўриш трубкаси (5) даги кўриш майдони (6) ёруғ ва қоронғи қисмларга бўлинади.

Аббе туридаги универсал рефрактометр (РЛУ) 1,3-1,7 диапазондаги синдириш коэффициентларини аниқлаш имконини беради ва турли маҳсулотларни тадқиқот этишда ишлатилиши мумкин.



Расм 2.21. Аббе рефрактометрини
принципиал схемаси
1-ўлчов призма; 2-ёритувчи призма;
3-маҳсулот қатлами; 4-чегаравий нур;
5-кўриш трубкаси;
6-кўриш майдони

Асбобда ўлчаш
қуйидагича амалга
оширилади. Призмалар
уларни туташуш юзаси
горизонтал ҳолатни
эгаллагунича айлантирилади.
Юқори призма очилиб, пастки
призма юзасига 2-3 томчи
тадқиқот этилаётган маҳсулот
жойлаштирилади ва юқори
призма билан қисилади.
Призмалар, чегаравий нур
кўриш трубкасини оптик ўқи
билан бирлашгунича,
ёришганлик ва қоронғулик
чегараси эса трубада
кўринадиган икки тўғри
чизикларни кесишув нуқтаси
билан туташгунича бурилади.

Оқ ёруғликни ўлчов
призмасидан ўтишида уни
ажралиши (дисперсия) содир

бўлади. Бунинг натижасида ёруғлик ва қоронғулик чегараси ноаниқ, камалакли тасма кўринишида бўлади. Бу эса рефактометр шкаласи бўйича ҳисоб олиб борилишини қийинлаштиради. Буни олдини олиш мақсадида рефактометрлар ёруғлик дисперсиясини йўқотувчи махсус қурилма – компенсаторлар билан таъминланади. Компенсаторлар турли шиша навларидан тайёрланган икки ёки учта призма ёки линзалар тўпламидан иборат бўлиб, унда спектрни турли ранглари бир-бирига шундай кўшиладики, натижада ёруғлик ва қоронғулик чегараси аниқлашади.

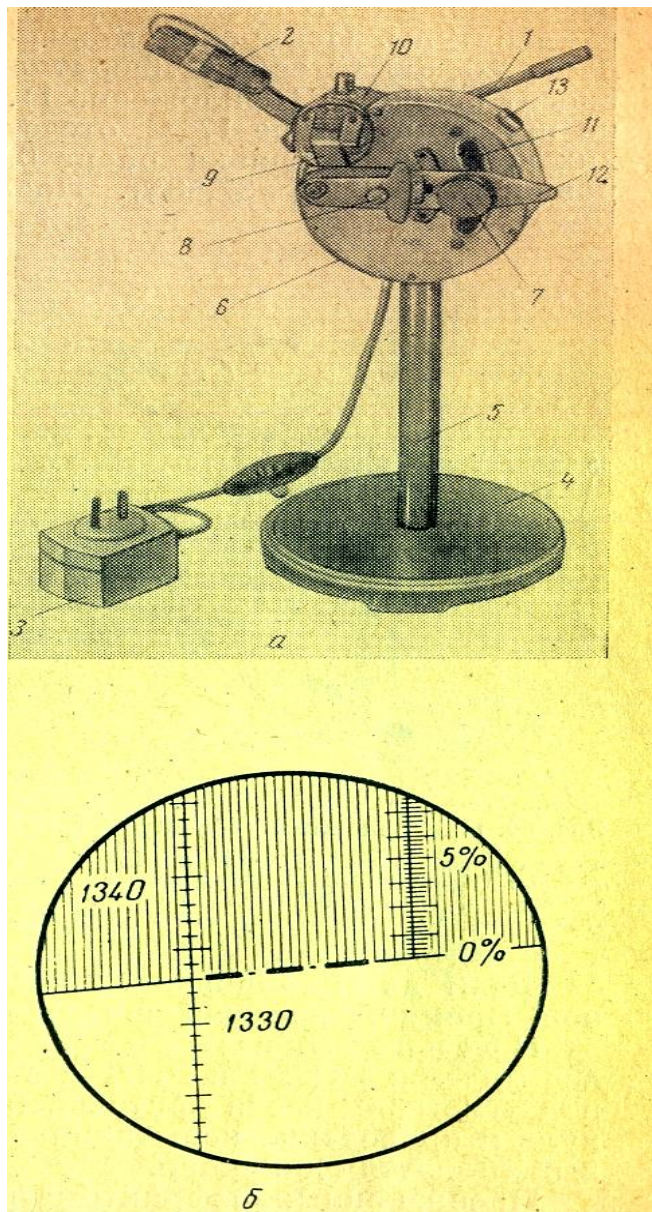
Компенсатордаги призмалар оптик тавсифлари шундай танланганки, бу призмага натрий спектридаги сариқ чизиқлар – D чизиқлар ўз йўналишини ўзгартирмасдан киради ва чиқади. Водород спектридаги кўк ва қизил нурлар эса (C ва F чизиқлар) призмани маълум ҳолатида бу йўналишдан ўзаро тенг, ишораси бўйича тескари бўлган маълум бурчакларга оғади. Уларни кўшиш натижасида дисперсия нолга келтирилади. Шундай қилиб, ўлчов призмасидан чиқаётган нурлар компенсатордан ўтгач, битта оқ нурга тўпланади. Бу эса кўриш майдонини ёруғ ва қоронғу қисмлари ўртасидаги аниқ чегара олиншини таъминлайди. Призмадан чиқаётган нурларни йўналиши D нурларига мос келади. Ёритиш учун монохроматик нур ишлатилмаганлигига қарамасдан ўлчанган синдириш кўрсаткичи маълум тўлқин узунлиги n_D га мос келади. Компенсаторни керакли ҳолати махсус маховикчани айлантириш билан таъминланади.

Ўлчаш $20 \pm 0,5$ °C ҳароратда ўтказилади. Ўзгармас ҳароратни сақлаш учун призмани метал тутқичига трубка орқали сув ўтказилади ва назорат термометри ўрнатилади.

Ўлчаш олдидан рефрактометрни “ноль” нуқтаси текширилади. Асбобни тўғри созланганлиги дистилланган сув бўйича текширилади. Тўғри созланган асбобда, 20 °C ҳароратда кўриш майдончасини қора ва ёруғ қисмларидаги чегара чизиғи шкалани “ноль” бўлинмаси билан мос келиши керак. Кўрсатишлар ҳаракатланмайдиган шкала бўйича лупа орқали 0,0001 аниқликда қайд қилинади. Натижадар майдонни ёруғ қисмидан қоронғи

қисмига, сўнгра қоронғи қисмидан ёруғ қисмига ўтилишида камида 3 маротаба қайд қилинади. Яқуний натижа сифатида барча қайд этишларни ўрта арифметик қиймати қабул қилинади.

ИРФ-22 рефрактометри ҳам суёқ, ҳам қаттиқ жисмлар синдириш



Расм 2.22. РПЛ-3 рефрактометри:
 а-умумий кўриниши: 1-термометр;
 2-ёритгич; 3-трансформатор;
 4-асос; 5-колонка; 6-корпус;
 7-окуляр; 8-копенсатор винти;
 9-пастки призмали камера; 10-юқори
 призмали камера; 11-шкала;
 12-дастак; 13-юстровка калити
 тирқиши; б-рефрактометр
 кўриш майдони.

кўрсаткичларини (1,3-1,7 интервалда) ўлчаш имконини беради.

Ушбу рефрактометрдаги катор ўзгартиришлар уни фойдаланишга қулай ва у билан ишлашни енгиллаштиради.

Бу рефрактометрдаги махсус оптик тизим кўриш трубасида синдириш кўрсаткичлари шкаласини ва ўлчашда ёруғлик ва қоронғулик чегараси туташтириладиган чизиқлар кесишувини биргаликда кўриш имконини беради. Бу асбобда синдириш кўрсаткичлари катталигини ўлчаш аниқлиги ($\pm 1 \cdot 2 \cdot 10^{-4}$) РЛУ рефрактометри билан бир хил.

РПЛ-3 (расм 2.22) рефрактометри бошқа турдаги рефрактометрлардан фарқли равишда иккита шкалага эга. Улардан бири

синдириш кўрсаткичларини 1,330-1,540 чегараларида кўрсатса, иккинчиси эса шакарни сувли эритмаларидаги фоизда ифодаланган миқдорни (0-95 % гача) кўрсатади. Шунинг учун бу рефактометрлар сахариметрлар деб ҳам номланади. Бу асбобни ўлчов призмаси ҳаракатсиз ва бошқа асбобларга нисбатан синдириш кўрсаткичи майда бўлган материалдан тайёрланган, бу эса синдириш кўрсаткичларини тор чегарада ўлчаш имконини беради.

Асбобдаги призмалар ичи бўш металл гардишларга жойлаштирилган ва уларга резинали трубкалар ёрдамида керакли ҳароратдаги сув берилиши мумкин. Ҳарорат термометр ёрдамида назорат қилинади. Ёруғлик призма гардишида жойлашган туйнук орқали ҳаракатчан ойна ёрдамида йўналтирилади. Ёритиш учун оддий оқ ёруғлик ишлатилиши сабабли, дисперсия (камалакли тасма) компенсатор ёрдамида йўқотилади. Компенсатор ричаги окуляр ричаги билан бир ўқда жойлашган. Окулярни буралувчан бошчаси ёрдамида кўриш қобилиятига мос равишда фокус масофаси ростланади. Бунда шкаладаги рақам ва бўлинмаларни аниқ тасвирига эришилади. Асбоб окуляри ҳаракатчан бўлиб, призмаларга нисбатан айланади.

Асбоб кўрсатишлари окулярда кўринадиган пунктир чизиғи кўринишидаги визир ёрдамида ёзиб борилади. Бунда окуляр дастагини юқорига ёки пастга ҳаракатлантира туриб, визар чизиғини ёруғлик-қоронғулик чегараси билан тутатишига эришилади ва бу чегара ўтаётган шкала кўрсатишлари қайд қилинади.

Ишни бажариш тартиби. Ишни бошлашдан олдин нормал суюқлик ёки дистилланган сув ёрдамида рефрактометр кўрсатишлари текширилади. Сўнгра призмалар қуруқ ҳолигача артилгач, шиша таёқча ёрдамида пастки призмага бир неча томчи тадқиқот этилаётган суюқлик жойлаштирилади. Пастки призма юқоридаги призма билан ёпилади ва окулярга қарай туриб, юқорида кўрсатилганидек асбоб кўрсатишлари қайд қилинади. Ёруғлик-қоронғулик чегарасини аниқ кўринишига компенсатор дастагини бурай туриб эришилади. Шкала кўрсатишлари қайд қилингач, окуляр жойидан

кўзгатилади ва қайта ростланади. Шундай йўл билан камида уч марта ҳисоб ўтказилади. Якуний натижа барча ўтказилган ҳисобларни ўрта арифметик қиймати ҳисобланади. Аниқлаш жараёнида термометр кўрсатишларини кузатиб бориш зарур.

Агар ҳарорат 20°C дан юқори ёки паст бўлса, ҳарорат тузатишлари киритилади ёки призмалар ҳарорати аниқ 20°C да сақланиши керак.

Ҳозирги пайтда дала ва корхона шароитида фойдаланишга мўлжалланган ҳар хил турдаги рефрактометрлар ишлаб чиқилган. Булар қаторига “Карат МТ”, ИРФ-460 ва ИРФ-464 кўчма рефрактометрлари тегишли.

“Карат МТ” кўчма рефрактометрии (расм 2.23) суюқ ва қаттиқ жисмлар синдириш кўрсатишини ($n_D=1,3\div 1,5$) $\pm 2\cdot 10^{-4}$ аниқлик билан ўлчашга мўлжалланган. Асбобни ўлчамлари 83x70x143 мм ни ва массаси эса 700 граммдан юқори эмас.



Расм-2.23. КАРАТ-МТ русумли кўчма рефрактометр



Расм 2.24 ИРФ-464 русумли кўчма рефрактометр

ИРФ 460 ва ИРФ 464 рефрактометрлари (расм 2.24) сочувчи суюқ муҳитлар синдириш кўрсаткичини ўлчашга мўлжалланган. ИРФ 464

рефрактометр “Карат МТ” рефрактометрига монанд техник кўрсаткичларга эга бўлиб, сутдаги оқсил миқдори фоизини БЕЛОК шкаласида асбобни сут ва зардоб бўйича кўрсатишлари айримаси бўйича аниқлаш учун ишлатилиши мумкин. Бу асбобларни призмали блоки кўриш трубасини охирида каттик маҳкамланган. Ҳисоб кўриш трубасида кузатиладиган тўлиқ ички аксланиш чегарасида олиб борилади.

Аббе рефрактометрларига прецизион (аниқ ўлчайдиган) рефрактометрлар ҳам тегишли. Ушбу рефрактометрларни РПЛ-1 ва РПЛ-2 русумли моделлари маълум. Прецизион рефрактометрларнинг юқори аниқлиги мустаҳкам термостатлаш ва тадқиқот этилаётган намунани кимёвий ва физикавий ўзгаришини олдини олиш эвазига таъминланади.

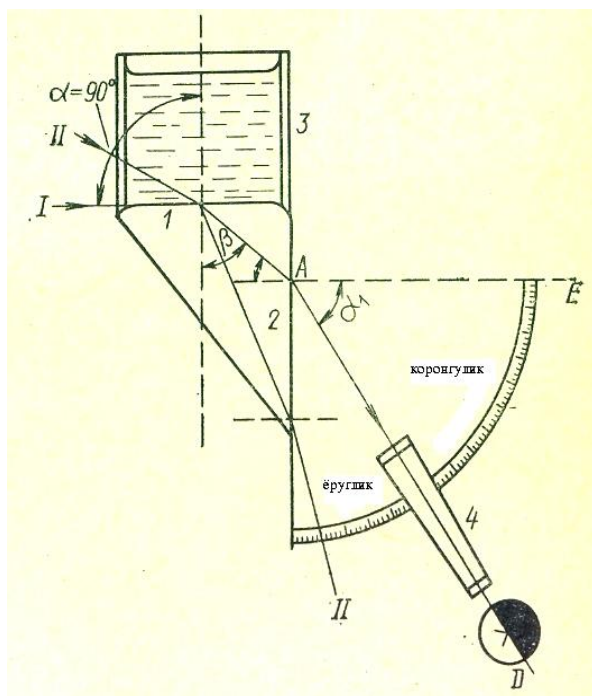
Прецизион рефрактометрлар Аббе рефрактометрлари турига мансуб бўлиб, уларда оддий механик бурчак ўлчаш мосламаси мавжуд эмас. Ёруғлик ва қоронғуликни чегара чизиғи ҳолати шартли тенг ўлчовли шкала бўлинмаларига кўра аниқланади. Асбоб нисбатан юқори катталаштиришга эга бўлган кўриш трубаси билан таъминланган бўлиб, у ўлчов призмаси билан ҳаракатсиз ҳолатда уланади. РПЛ-2 да призма кўриш трубаси ўқиға нисбатан 90^0 бурчак остида жойлашган. Прецизион рефрактометрлардаги бу конструктив ўзгаришлар синдириш кўрсаткичлари катталигини фақат тор интервалда (1,33-1,38) ўтказиладиган ўлчаш аниқлигини ошириш имконини беради.

Прецизион рефрактометрлар эритмалардаги қуруқ моддалар концентрацияси (30 % гача) аниқлашда ишлатилади. Рефрактометр шкаласи 102 та шартли бўлинмаларга бўлинган. Рефрактометр кўрсатишлари махсус жадвалларга кўра, қуруқ моддалар фоизига айлантирилади.

Ишни бошлаш олдида асбоб нол ҳолатига ўрнатилади. Бунинг учун пастки призмани ўртасига шиша тайёкча ёрдамида 1-2 томчи дистилланган сув томизилади. Ёритувчи призма жойлашган камера ўлчов призмаси жойлаштирилган камера билан зич туташтирилади, ёритувчи призмани тўсиғи очилади, окулярдан кузата туриб ҳисоблаш барабани нолга

ўрнатилади. Камалакли бўялиш компенсатор ҳалқасини айлантира туриб йўқотилади. Нолга ўрнатилган асбобда кўриш майдонини ёритилган ва коронғу қисмлари ўртасидаги аниқ чегара шкалани нол бўлими орқали ўтиши керак. Сўнгра рефрактометрни куруқ ва тоза ўлчов призмасига 1-2 томчи тадқиқот этилаётган суюқлик томизилади ва ёруғлик-коронғулик чегарасини шкаладаги ҳолати кузатилади. Шкала бўйича олинган ҳисоб бутун бирлик сифатида ёзиб олинади ва унга ҳисоблаш барабанини кўрсатиш чизиғи қаршисидаги бўлинмалар сони ўнлик улуш сифатида қўшилади.

Пульфрих туридаги рефрактометрлар. Пульфрих туридаги рефрактометрлар схемаси расм 2.25 да келтирилган. Ушбу асбобларда призмали блок мавжуд эмас. Ўлчов призмасини кириш 1 ва чиқиш 2 томонлари ўртасидаги бурчак 90^0 га тенг. Призмани кириш томонини четки



Расм 2.25. Пульфрих рефраткометр схемаси:
1-йўналтирилган нур; 2-ўлчов призмаси; 3-цилиндрик стакан; 4-кўриш трубкиси

қисмлари шундай ишлов берилганки, уни юзаси доира шаклига эга. Бу четки қисмга тадқиқот қилинаётган суюқлик солинадиган цилиндрик стакан жойлаштирилади ва елимланади. Кириш томонини айлана кўринишидаги четки қисмлари цилиндрик стаканни елимланадиган жойини уни ишчи юзасидан пастроқда жойлаштириш имконини беради. Шунинг учун суюқлик ва призма

чегараси бўйлаб йўналтирилган нур 1 елим қатлами билан учрашмайди ва демак, уни бузиб кўрсатилиши олди олинади. Бу нурни тушиш бурчаги аниқ

90⁰ га тенг бўлганлиги сабабли, бурчак катталиги ҳамма вақт чегаравий синдириш бурчагига мос келади. Бу ҳолат ушбу асбобларни юқори аниқлигини ($1-2 \cdot 10^{-5}$) белгилайди ва улардан аниқ ўлчашларда фойдаланиш имконини яратади.

Пульфрих типдаги рефрактометрларда Аббе рефрактометрларидан фарқли равишда монохроматик манбалар ишлатилади. Асбобни кўриш трубаши 4, уни кўриш майдонида кўринадиган чизиқлар кесишуви монохроматик ёруғликни яққол чегараси билан бирлашишини таъминлаган ҳолда ўрнатилади. Расм 2.25 дан кўриниб турибдики, трубаши бундай ҳолати уни оптик ўқини призма-ҳаво чегарасида синган чегаравий нур билан мос келишига тўғри келади.

Бу турдаги ИРФ-23 рефрактометри алмаштириладиган призмалар билан таъминланган бўлиб, уларни ҳар бири маълум чегарадаги синдириш кўрсаткичларини аниқлашга мўлжалланган. Асбоб баъзи кучли синдирувчи моддалар синдириш кўрсаткичини аниқлаш имконини беради, чунки уни юқори ўлчаш чегараси юқорида кўриб чиқилган асбобларга нисбатан анча юқори (1,9).

Рефрактометр синдириш кўрсаткичини асбобда ўлчанган α_1 бурчакка кўра топиш имконини берувчи жадваллар (ҳар бир призма учун алоҳида) билан таъминланган. Расм 2.25 дан кўриниб турибдики, α_1 бурчаги ҳавода синган чегаравий AD нур ва призмани чиқиш томонига туширилган перпендикуляр билан ҳосил қилинган. Агар ўлчов призмаси синдириш кўрсаткичини N билан белгиласак, у ҳолда тадқиқот этилаётган суюқликни синдириш кўрсаткичи n қуйидагича аниқланиши мумкин:

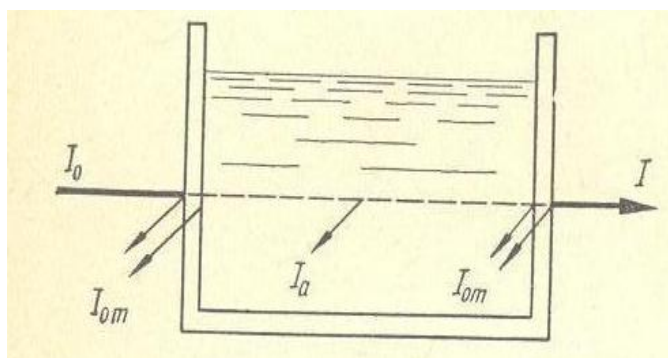
$$n = \sqrt{N^2 - \sin^2 \alpha} .$$

2.4. Фотоколориметрия асослари

Фотоколориметрик таҳлилни асосий вазифаси эритмадаги модда миқдорини аниқлаш ҳисобланади. Фотоколориметрик таҳлил услуби тадқиқот этилаётган модда томонидан монохроматик ёруғликни танланма ютилишига асосланган.

2.4.1. Бўялган бирикмалар эритмаларини асосий оптик хусусиятлари

I_0 интенсивликга эга бўлган оқ ёруғлик дастасини эритма билан тўлдирилган шиша идиш орқали ўтишида (расм 2.26) бошланғич ёруғлик оқими интенсивлигини пасайиши содир бўлади ва идишдан чиқаётган ёруғлик дастаси $I < I_0$ интенсивликга эга бўлади. Ёруғлик оқимини кучсизланиши қисман уни шиша ҳаво ва шиша-эритма чегарасида аксланиши (I_{om}), эритмада муаллақ заррачаларни мавжуд бўлиши келтириб чиқарадиган ёруғликни қисман сочилиши (I_p) ва асосийси ёруғлик энергиясини эритма томонидан ютилиши (абсорбцияси) (I_a) билан боғлиқ бўлади. Шундай қилиб, ёруғликни эритма орқали ўтишини қуйидаги тенглама билан ифодалаш мумкин.



Расм 2.26. Шиша идишга жойлаштирилган эритмадан ёруғликни ўтиши

$$I_0 = I_a + I_{om} + I_p + I.$$

Турли эритмалар тоомнидан ёруғлик ютилишини таққослаб ўрганишда бир хил кюветалардан фойдаланилади. Улар учун ёруғлик оқимини аксланган қисми

интенсивлиги ўзгармас ва кичик бўлиб, уни ҳисобга олмаслик мумкин. Бундан ташқари, етарлича тоза бошланғич моддалар эритмаси билан ишлашда, ёруғликни сочилиши натижасидаги йўқотилиши ҳам унчалик ката эмас. Шунинг учун юқоридаги тенгламани қуйидаги оддий кўринишда ёзиш мумкин.

$$I_0 = I + I_a .$$

Келиб тушаётган (I_0) ва эритма орқали ўтган ёруғлик оқими интенсивлигини (I) бевосита ўлчаш мумкин. Ёруғлик оқимини эритма томонидан ютилиши даражаси оқ ёруғликни ташкил этувчи турли тўлқин узунлигидаги ёруғлик оқимлари учун бир хил эмас. Бунинг натижасида чиқаётган ёруғлик кўп ҳолларда бўялган бўлади. Кўз томонидан қабул қилинадиган эритма рангини келиб тушаётган ёруғлик, дастасини эритма орқали ютилмай ўтган қисми белгилайди. Эритмани ютиладиган рангини ютиладиган нурланиш рангига қўшимча сифатида ҳисоблаш қабул қилинган. Масалан, спектрни сариқ-яшил қисмини ($\lambda = 560-570$ нм) эритма кузатувчи учун бинафша рангга бўялган бўлади. Эритма рангини ёруғлик спектрини ютилган қисмига боғлиқлиги 2.3-жадвалда келтирилган.

2.3-жадвал

Эритма рангини ютилган спектр қисмига боғлиқлиги

Ютилган қисмини спектр диапазони, нм	Ёруғликнинг ютилган қисми ранги	Эритмани туюладиган ранги (қўшимча ранг)
400-450	бинафша	сарғиш-яшил
450-480	кўк	Сариқ
480-490	яшил-кўк	Пушти
490-500	кўк-яшил	Қизил
500-560	яшил	Алвон
560-575	сарғиш-яшил	Бинафша
575-590	сариқ	Кўк
590-625	пушти	яшил-кўк
625-750	қизил	кўк-яшил

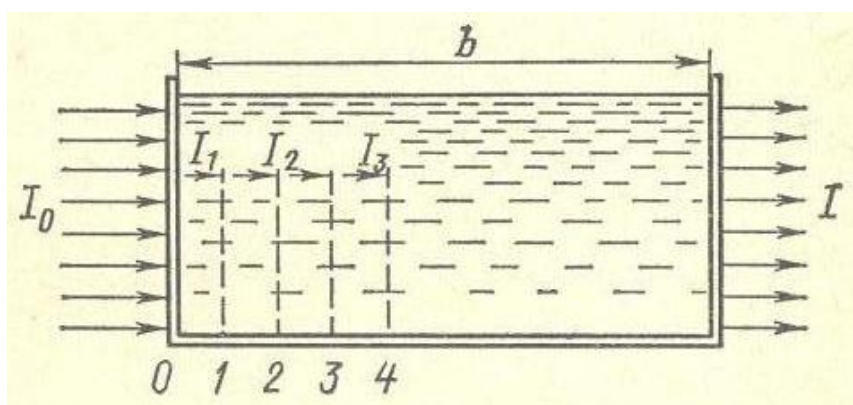
Шундай қилиб, бўялган бирикмалар эритмаларини колориметриядаги асосий оптик тавсифлари бўялиш интенсивлиги ва эритма ранги ҳисобланади.

Колориметрияни асосий қонуни. Колориметрияда бўялиш интенсивлиги оптик зичлик катталиги D билан ифодаланади. Ушбу катталиқ аҳамиятини қуйидаги мулоҳаларда тушуниб олиш мумкин.

Фараз қилайлик, бўялган эритма кюветага b бирликдаги қалинликда қуйилган бўлсин. Умумий ютадиган қатламни фикран b участкаларга бўламиз ва эритма орқали ўтаётган ёруғлик оқими интенсивлигининг ўзгаришини кузатамиз (расм 2.27). Кюветага кираётган ёруғлик оқими интенсивлигини I_0 га тенг деб қабул қиламиз (ёритиш учун маълум тўлқин узунлигига эга бўлган ёруғлик, яъни монохроматик нурдан фойдаланилаяпти деб тахмин қилинаяпти). Ёруғлик биринчи участкани ўтганда, уни интенсивлиги n маротаба камаяди ва қуйидагига тенг бўлади:

$$I_1 = \frac{I_0}{n},$$

бу ерда $n > 1$.



Расм 2.27. Колориметрияни асосий қонунини келтириб чиқариш схемаси

Эритмани иккинчи қатламига энди интенсивлиги I_1 бўлган ёруғлик оқими киради. Бу ёруғлик оқими иккинчи қатламни ўтгач, унинг

интенсивлиги ҳам n маротаба камаяди ва $I_2 = \frac{I_1}{n}$ га тенг бўлади. $I_1 = \frac{I_0}{n}$

эканлиги ҳисобга олинса, унда $I_2 = \frac{I_0}{n^2}$.

Эритмани учинчи қатламига интенсивлиги I_2 бўлган ёруғлик оқими киради ва учинчи қатламни ўтгач, уни интенсивлиги $I_3 = \frac{I_2}{n}$ га тенг бўлади, яъни $I_3 = \frac{I_0}{n^3}$. Шундай қилиб, ёруғлик оқими қатлам қалинлиги b бўлган эритма орқали ўтгач кюветадан $I_b = I$ интенсивлик билан чиқади.

$$I = \frac{I_0}{n^b}.$$

Бу тенгламадан қуйидаги келиб чиқади.

$$\frac{I_0}{I} = n^b$$

Бу тенгламани логарифмласак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\lg \frac{I_0}{I} = D = \lg n^b = b \lg n,$$

бу ерда: b - ютувчи қатлам қалинлиги;

$\lg n$ - маълум тўлқин узунлигидаги ёруғликни ўтишида ушбу эритма учун ўзгармас бўлган катталиқ;

$\lg \frac{I_0}{I}$ - эритмани оптик зичлиги дейилади ва D ҳарфи билан белгиланади.

Қуйида баъзи оптик тавсифларни келтирамиз. Эритма орқали ўтган ёруғлик интенсивлигини келиб тушаётган ёруғлик интенсивлигига бўлган нисбати $\frac{I}{I_0} = T$ эритмани тиниқлиги ёки ўтказувчанлиги дейилади.

Тиниқликка тесқари бўлган катталиқ $\frac{1}{T} = \frac{I_0}{I}$ тиниқмаслик ёки эритмани ютувчанлиги дейилади. Эритмани ютувчанлик қобиляти бу у томонидан ютилган ёруғлик интенсивлигини келиб тушаётган ёруғлик интенсивлигига нисбатидир, яъни $\frac{I_a}{I_0}$.

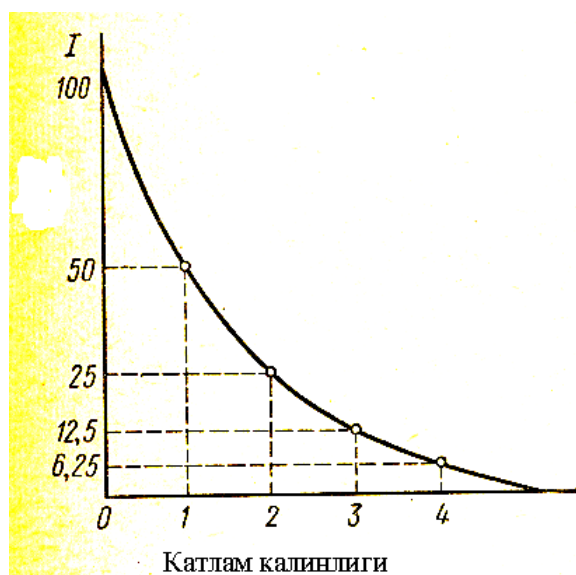
Юқорида келтирилган охириги тенглама Бугер-Ламберт қонунини акс эттиради ва уния қуйидагича таърифлаш мумкин. Берилган моддани бир хил

қалинликдаги қатламлари бир хил шароитларда унга келиб тушаётган ёруғлик оқимини маълум бир қисмини ютади ёки моддани оптик зичлиги ютиляётган қатлам қалинлигига тўғри пропорционал.

Қонун моҳиятини аниқ мисолда кўриб чиқамиз. Моддага кирувчи ёруғлик оқими интенсивлиги I_0 100 шартли бирликларга тенг бўлсин ва моддани бир қатламини ўтишида ёруғлик оқими 2 маротаба кучсизлансин, яъни $n=2$ деб фараз қиламиз. Унда

$$I_1 = \frac{I_0}{n} = \frac{100}{2} = 50; I_2 = \frac{I_0}{n^2} = \frac{100}{4} = 25; I_3 = \frac{I_0}{n^3} = \frac{100}{8} = 12,5; I_4 = \frac{I_0}{n^4} = 6,25.$$

Бу боғлиқни график тасвири расм 2.28 да келтирилган. Оптик зичликни ютаётган қатлам қалинлигига боғлиқлиги координата бошидан ўтувчи тўғри чизиқ билан ёзилади.



Расм 2.28. Чиқаётган ёруғлик оқими интенсивлигини ютувчи қатлам қалинлигига боғлиқлиги

Бер томонидан ёруғликни газ ва эритмалар орқали ўтишида ёруғликни ютилиш даражаси ёруғлик оқими йўлида учрайдиган бирлик ҳажмдаги заррачалар сонига боғлиқлиги, яъни ёруғликни ютилиши модда концентрациясига боғлиқ эканлиги аниқланган.

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot b \cdot c,$$

бу ерда: ε - ютилиш коэффиценти (маълум тўлқин

узунлигидаги ёруғликни ўтишида шу эритма моддалари учун ўзгармас катталиқ);

b - қатлам қалинлиги;

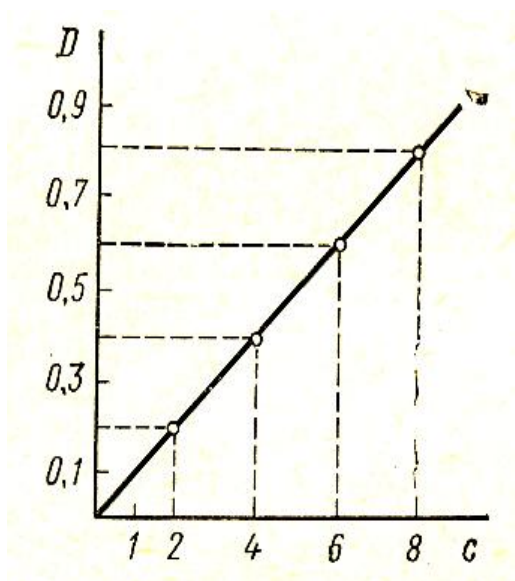
c - модда концентрацияси.

Оптик зичликни эритмадаги модда концентрацияси ва ютувчи қатлам қалинлигига бундай боғлиқлиги Бугер-Ламберт-Бер қонуни (колориметрияни

асосий қонуни) деб номланади. Бу қонунни қуйидагича таърифлаш мумкин: эритмани оптики зичлиги бир хил шароитларда модда концентрацияси ва ютувчи қатлам қалинлигига пропорционал.

Кўп ҳолларда оптик зичликни эритмадаги модда концентрациясига боғлиқлигини графикавий ифодалаш қабул қилинган (бунда абсцисса ўқида концентрация қиматлари, ордината ўқида эса тегишли оптик зичлик катталиклари қўйилади). Бунда колориметрияни асосий қонунига кўра (доимий қатлам қалинлиги $D = k \cdot c$, чунки $\epsilon b = k$) координата бошидан ўтувчи тўғри чизиқ ҳосил қилинади (расм 2.29).

Моляр ютилиш коэффициентини. Юқорида келтирилган Бугер-



Расм 2.29. Оптик зичликни бўялган модда концентрациясига боғлиқлиги. Бер қонуни

Ламберт-Бер қонунидаги c концентрация 1 литрдаги грамм-моллар сонидан ва қатлам қалинлиги b см да ифодаланса, ϵ катталигини моляр ютилиш коэффициентини деб номлаш ва ϵ_m билан белгилаш қабул қилинган.

Моляр ютилиш коэффициентини сон қиймати 1 см ютувчи қатлам қалинлигидаги ва 1 л да 1 грамм-мол концентрацияга эга бўлган эритмани оптик зичлигига тенг. Моляр ютилиш коэффициентини маълум тўлқин узунлигидаги ёруғликни ўтишида модда концентрациясига боғлиқ эмас. Моляр ютилиш коэффициентининг катталиги турли бирикмалар эритмалари учун турлича бўлиб бирдан бир неча мингга ташкил этади. Шунинг учун моляр ютилиш коэффициентини колориметрик реакцияларни сезгирлик ўлчови ҳисобланади. Моляр ютилиш коэффициентини қатталиги қанчалик катта бўлса, колориметрик анилашни сезгирлиги ҳам шунчалик юқори бўлади. Масалан, темир роданиди учун $\epsilon_m = 1000$, мисни аммиак билан комплекси учун эса $\epsilon_m = 500$.

Моляр коэффициентини берилган концентрациядаги эритма оптик зичлигини ўлчаш натижаларига кўра ҳисоблаш мумкин. Юқорида келтирилган тенгламадан қуйидагини топамиз:

$$\varepsilon_m = \frac{D}{c \cdot b}.$$

Эритмани ранги. Эритмаларни ранги улар томонидан кўринадиган ёруғлик спектрини баъзи участкаларини бир хил ютилмаслиги билан боғлиқ эканлиги юқорида таъкидланган эди.

Бўялган эритмаларни ранг бўйича тавсифлаш учун ёруғлик ютилиш эгри чизиқлари ёки ютилиш спектрлари (абсорбция спектрлари)дан фойдаланилади. Ёруғлик ютилиш эгри чизиқларини олиш учун ўтаётган ёруғликни турли тўлқин узунликлари учун бўялган эритмаларни оптик зичликларини ўлчаш лозим. Шундан сўнг, эритма оптик зичлигини тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигига (нанометрларда) боғлиқлиги графиги тузилади.

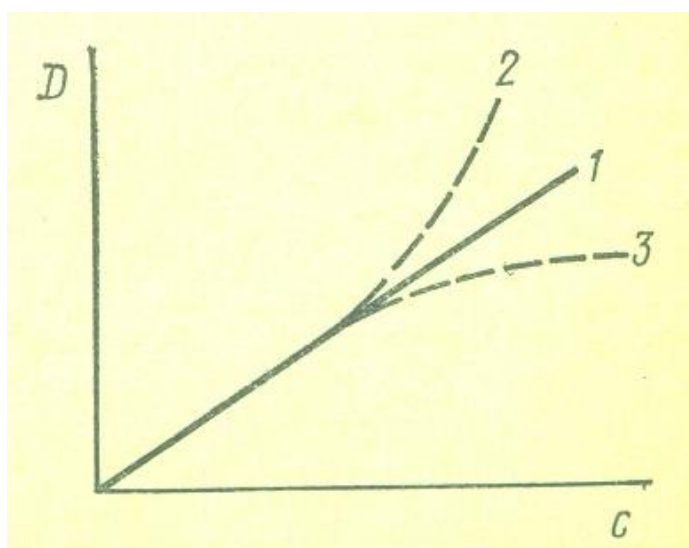
Ёруғлик ютилишини энг юқори қийматлари кўпгина бўялган бирикмалар учун, спектрни кўринадиган қисмида (масалан, перманганат калий эритмаси учун), баъзилари учун ультрабинафша соҳаларда (масалан, хромат ва калий бихромат эритмалари учун) жойлашган бўлади. Ёруғлик ютилишини энг юқори қийматларига (максимуми) мос келувчи тўлқин узунлигини $\lambda_{\text{макс}}$ билан белгилаш қабул қилинган. Масалан, перманганат калий учун $\lambda_{\text{макс}}=525$ нм, калий хромат учун $\lambda_{\text{макс}}=380$ нм, бихромат калий учун $\lambda_{\text{макс}}=350$ нм.

Ёруғлик ютилиши эгри чизиқлари аналитик ўлчашлар учун (колориметрик аниқлашни сезгирлиги ва аниқлилигини ошириш) оптимал тўлқин узунликларини танлаш имкониятини беради. Аниқлаш сезгирлиги ўлчаш ўтказилаётган ёруғликни спектрал таркибига юқори даражада боғлиқ бўлади. Ушбу эритмани моляр ютилиш коэффициентини келиб тушаётган ёруғликни тўлқин узунлигига боғлиқ эканлиги юқорида таъкидланган эди. Шундай қилиб, моляр ютилиш коэффициентини энг юқори катталиги, демак

аниқлашни энг юқори сезгирлиги ёруғлик ютилишини максимумига мос келади.

Бугер-Ламберт-Бер қонунидан четланишлар. Колориметрик аниқлашларда, кўп ҳолларда, аввал бўялиш интенсивлиги ўлчанади, сўнгра конунни математик ифодасидан фойдаланилган ҳолда модда концентрацияси ҳисобланади.

Аммо, колориметрияни асосий қонуни колориметрик аниқлашларнинг физик томонини, яъни ёруғлик ютилишини бўялган модда концентрацияси ва ютувчи қатлам қалинлигига боғлиқлигини акс эттиради. $D = \varepsilon \cdot c \cdot b$ тенгламани келтириб чиқаришда, бўялган заррачалар эритмани суюлтиришда ўзгармай қолади, яъни улар эритувчи молекулалари ва таҳлил этилаётган суюқликда мавжуд бўлган бошқа модда ионлари билан ўзаро таъсир қилмайди деб тахмин қилинган. Реал аниқлаш шароитларида баъзи бўялган моддалар суюлтирилганда ёки бегона моддалар таъсирида рангсиз (ёки бошқача бўялган) ўзаро таъсир моддаларини ҳосил қилиб парчаланади. Бунинг натижасида эритмани концентрацияси ва оптик зичлиги ўртасидаги тўғри пропорционаллик бузилади. Бундай бузилишлар Бугер-Ламберт-Бер



Расм 2.30. Бер қонунидан (1) четланиш: 2-мусбат; 3-манфий

қонунидан четланиш деб номланади.

Асосий қонундан четланишлар графикдаги экспериментал чизиқни тўғри чизиққа нисбатан юқори ёки паст жойлашишига кўра мусбат ёки манфий деб номланади (расм 2.30).

Колориметрияни асосий қонунидан четланиш

сабабларини бўялган моддани кимёвий хусусиятлари ва бўялиш интенсивлигини ўлчаш шароитлари келтириб чиқаради. Концентрация ва

оптик зичлик ўртасчидаги тўғри пропорционалликни бузилиши миқдор жиҳатдан Ламберт-Бер қонунидан нисбий четланиш катталиги билан тавсифланади. Бўялишни нисбий кучсизланиши бўялиш интенсивлиги ва аниқланадиган моддани умумий концентрацияси ўртасчидаги тўғри пропорционалликдан четланиш ўлчови ҳисобланади ва Δ билан белгиланади. Бўялишни нисбий кучсизланиши Δ эритмани суюлтиришда уни оптик зичлигини умумий кучсизланишини (D_n) бошланғич эритма оптик зичлиги (D_1) га нисбатидир.

$$\Delta = \frac{D_1 - D_n}{D_1}.$$

Ламберт-Бер қонунидан четланишни аниқлаш учун b қатлам қалинлигидаги c концентрацияси бошланғич эритмани оптик зичлиги (D_1) ни ўлчаш керак. Сўнгра бошланғич эритма n мартаба суюлтирилади ва энди қатлам қалинлиги nb бўлган $c_2 = c'/n$ концентрацияли эритмани оптик зичлиги D_n яна ўлчанади. Агар суюлтиришда бўялган комплекс дисоцилланишини сезиларли ошиши рўй бермаса, у ҳолда $D_n = D_1$, $\Delta = 0$. Бу ҳолат Бугер-Ламберт-Бер қонунидан четланиш йўқлигини кўрсатади.

2.4.2. Бўялиш интенсивлигини аниқлаш усуллари

Колориметрик таҳлилда таҳлил этилаётган эритмани бўялиш интенсивлиги таркибида шу моддалар маълум концентрацияда мавжуд бўлган эритма (стандарт эритмалар) бўялиши билан таққослаш воситасида аниқланади. Таҳлил этилаётган ва стандарт бирикмалар орқали ўтаётган ёруғлик оқимлари интенсивлигини миқдорий баҳолаш учун махсус асбобларни ишлатилиши талаб қилинади. Ишлатиладиган асбобларни 2 турга бўлиш мумкин:

а) бевосита таққослаш асбоблари: пробиркалар, цилиндрлар, колбалар, компаратарлар, колориметрлар. Ушбу гуруҳ асбоблари ёрдамида таҳлил

этилаётган ва стандарт эритмаларни бўйлиш интенсивликларини бевосита таққослаш амалга оширилади;

б) фотометрлар – эритмалар орқали ўтган ёруғлик оқимларини абсолют ва нисбий интенсивликларини таққослашга асосланган асбоблар. Бу асбоблар ўлчаш жараёнида тадқиқот қилинаётган ва стандарт эритмаларни бевосита таққослашни талаб қилмайди.

Фотометрлар ўз ўрнида визуал ва фотоэлектрик бўлиши мумкин. Ютилишни монохроматик ёруғликда ўлчаш мосламасига эга бўлган фотометрлар спектрофотометрлар деб номланади.

Визуал колориметрлар ва фотометрларда олинаётган ўлчаш натижаларини ишончлилиги, биринчи навбатда, асбобларни тўғри ўрнатилиши (юстировка қилиниши) ва ишлатилиши билан таъминланади. Тўғри натижалар олишда кювета тозаллиги ҳам катта аҳамиятга эга. Кюветалар ишлатилмаётган ҳолатида доимо тоза бўлиши керак. Шунинг учун ўлчашлар якунлангач, улар яхши ювилади. Ўлчашлар бошлангунига қадар кювета оз миқдордаги тадқиқот этилаётган эритма билан чайилиши ва сўнгра шу эритма билан тўлдирилиши лозим. Кювета ташқи юзасига тушиб қолган томчилар эҳтиёткорлик билан фильтр қоғози ёрдамида олиб ташланиши керак.

Колориметрик ўлчашларни визуал усуллари, улардаги аниқлаш аниқлилиги кузатувчини шахсий кўриш хусусиятларига боғлиқ бўлганлиги сабабли, субъектив деб номланади. Масалан, ҳамма одамлар ҳам ранг ва тусларни яққол фарқлай олишмайди (дальтонизм). Бундан ташқари, визуал асбобларда узоқ вақт давомида узлуксиз ишлаш кўзни толиқтиради ва оммавий таҳлилларда бўйлишни таққослаш ноаниқ бўлиб қолади. Шунинг учун ҳозирги вақтда визуал усуллар кам ишлатилади. Уларни ўрнини ёруғлик оқимлари интенсивликларини фотоэлектрик ўлчаш усуллари эгалламоқда.

Фотоэффeкт ва фотоэлементлар. Бўйлиш интенсивларини фотоэлектрик ўлчаш усуллари фотоэлементларни ишлатилиши билан боғлиқ.

Бўялишни визуал таққослаш асбобларидан фарқли равишда, фотоэлектркалиориметрларда ёруғлик оқимини кабул қилувчи асбоб фотоэлемент ҳисобланади.

Фотоэлемент шундай асбобки, унда ёруғлик энергияси электрик энергияга айлантиради. фотоэлементлар калориметрик ўлчашни спектрни нафақат кўринадиган соҳасида, шунингдек ультрабинафша ва инфрақизил соҳаларида амалга ошириш имконини беради. Фотоэлектрик фотометрлар ёрдамида ёруғлик оқимларини ўлчаш янада аниқ бўлиб, кузатувчини кўз хусусиятларига боғлиқ эмас.

Фотоэлементларда ёруғлик энергиясини электр энергиясига айланиши фтоэфект ҳодисаси билан боғлиқ.

Фотоэфект бу ёруғлик энергияси таъсирида турли моддалар атомларидан электронларни узилишидир. Ташқи фотоэлектрик фотоэфект бу металларни ёруғлик таъсирида электронлар чиқариш қобилиятидир. Изолятор ёки ярим ўтказгич ҳисобланган моддалар ёритилганда электронлар модда юзасини тарк этмайди, аммо атомлардан узилиши ва модда ичида ҳаракатланиши учун етарли энергия олишади. Изолятор ва ўтказгичлар ўтказувчанлигини уларни ёритилишида ошиши ички фотоэлектрик фотоэфект дейилади.

Фотоэфектнинг асосий қонуниятлари А.Эйнштейн ва А.Г.Столетов томонидан тушунтирилган.

Эйнштейн қонуни: фотоэлектронларни максимал энергияси тушаётган ёруғлик частотасини ошиши билан чизиқли ошади ва унинг интенсивлигига боғлиқ эмас.

Ёруғликни ютилиши ва чиқарилиши алоҳида порциялар – квантлар билан содир бўлади. Бунда моддани ҳар бир атоми ёруғлик энергиясини фақат бутун квантларини (яъни бир, икки ва ҳоказо) ютиши мумкин. Нурланиш квант энергияларини катталиги бир хил эмас ва фақат нурланиш частотаси билан белгиланади. Ёруғлик частотаси ν қанчалик катта бўлса ёки уни тўлқин узунлиги λ қанчалик кичик бўлса, квант энергияси шунчалик

катта бўлади. Квант энергияси h доимий катталикини (Планк доимийси, $6,66 \cdot 10^{-27}$ эрг/сек) частота ν га кўпайтмасига тенг

$$w = h \cdot \nu = h \frac{c}{\lambda},$$

бу ерда ν - ёруғлик тўлқинлари частотаси;
 c - ёруғлик тезлиги.

Ёруғлик тўлқинлари частотаси қанчалик катта ёки уни тўлқин узунлиги қанчалик кичик бўлса, квант энергиясини шунчалик катта бўлиши энди тушунарли. Шундай қилиб, кўринадиган нур квантлари энергияси инфрақизил нур квантлари энергиясига нисбатан катта, ультрабинафша нур квантлари энергияси эса кўринадиган нур квантлари энергиясига нисбатан катта.

Ёруғлик квант энергиясини металл юзаси томонидан ютилишида, агар бу энергия электронни металда ушлаб турилган энергияни енгиб ўтишга, яъни чиқиш иши A ни бажарилиши учун етарли бўлса, электрон метални тарк қилади. Ҳар бир электрон фақат бир ёруғлик кванти энергиясини ютади. Шунинг учун узилиб чиққан электрон энергияси, уни тезлиги ёруғлик квантлари энергиясига боғлиқ. Бу энергия қанчалик катта бўлса, электронлар модда атомларидан шунчалик катта тезлик билан учиб чиқади. Шундай қилиб, электронни жисм юзасидан озод қилиш бўйича бажарилган A чиқиш иши ва унга кинетик энергия E беришга сарфланаётган $\frac{mv^2}{2}$ га тенг бўлган квант энергияси қуйидагига тенг:

$$w = h \cdot \nu = A + \frac{mv^2}{2},$$

бу ерда m - электрон массаси;
 ν электронни тезлиги.

Демак, фотоэффект $h\nu > A$ бўлган ҳолларда, яъни квант энергияси электронни озод қилишга сарфланаётган ишдан катта бўлганида кузатилади. Бу формуладан ҳар бир металл учун фотоэффект ҳодисаси кузатиладиган энг кичик частота ν ни, яъни фотоэффект “бўсағаси”ни

ҳисоблаш мумкин. Бунда квант энергияси металдан чиқиш ишини бажариш учун етарли бўлиб, электронга кинетик энергия беролмайди ($v=0$). Бундан, фотоэффект “бўсағаси” ушбу металл юзасидан фақат чиқиш иши A билан белгиланиши маълум бўлади. $\lambda = \frac{c}{\nu}$ эканлигини ҳисобга олган ҳолда, баъзан фотоэффектни “қизил” чегараси тушунчаси киритилади. Фотоэффектни қизил чегараси бу фотоэффект кузатиладиган ёруғликни энг ката тўлқин узунлигидир.

Фотоэффект бўсағаси турли металллар учун турлича. Қуйида баъзи металллар учун фотоэффектни қизил чегараси қийматлари келтирилган.

	Cs	K	Na	Li	Ta	Ag	Ni	Pt
$\lambda, \text{мм}$	1400	1000	680	526	305	261	246	196

Электронлар цезий атомидан калий ва натрийга нисбатан майда энергиясига эга бўлган квантлар томонидан уриб чиқарилади. Фотоэффект чегараси натрий ва литий учун спектрни кўринадиган қисмида жойлашган бўлади. Тантал, кумуш, никел, платина уларни спектрни кўринадиган қисмидаги нурлар билан ёритганда фотоэффект намоён қилмайдилар. Уларни қизил чегараси ультрабинафша соҳада жойлашган, чунки спектрни кўринадиган қисмидаги квантлар электронларни ушбу металллардан озод қилиш учун етарли бўлган энергияга эга эмас. Шунинг учун кўпгина вакуумли фотоэлементларни тайёрлаш учун асосан ишқорий металллар ишлатилади.

Столетов қонуни: Фотоэлектрик ток келиб тушаётган нур оқимига тўғри пропорционал.

Ёруғлик кванти металл атомидан фақат биргина электронни уриб чиқариши мумкин. Ёруғлик оқими қанчалик интенсив бўлса, яъни металл юзасига ушбу энергияли қанчалик кўп квантлар тушса, шунчалик кўп сонли электронлар уриб чиқарилади, демак, фототок ҳам шунчалик катта бўлади.

$$i = k \cdot I,$$

бу ерда i - фототок қиймати, Ма;

k - пропорционаллик коэффициентлари;

I - ёруғлим интенсивлиги, Лк.

Фотоэлементларни ўзаро уларни сезгирлигига кўра таққослаш қабул қилинган. Фотоэлемент қанчалик катта ток берса, у шунчалик сезгир ҳисобланади. Фотоэлементларни сезгирлиги 1 лм ёруғлик оқмига тўғри келувчи микроамперларда ўлчанади (мкА/лм).

Умумий (интеграл) ва спектрал сезгирлик фарқланади.

Фотоэлементларни умумий сезгирлиги вольфрам толали оддий чўғланиш электр лампаларига нисбатан аниқланади. Бу лампалар кўринадиган спектрни барча нурларига (қизил, пушти, сарик, яшил, кўк, бинафша, шунингдек инфрақизил) эга бўлган оқ ёруғлик беради. Бу ёруғлик оқимида ультрабинафша нурлар деярли йўқ, чунки улар электр лампа қолбаси шишаси томонидан ютилади. Стандарт ёруғлик манбаи сифатида чўғланиш толасини ҳарорати 2850 °К бўлган лампа қабул қилинган.

Бундай лампа ёруғлиги таъсири остида фотоэлементда ҳосил қилинган фототокни ўлчай туриб, фотоэлементни мураккаб, спектрни барча рангларига эга бўлган ёруғликка нисбатан умумий ёки интеграл сезгирлиги аниқланади.

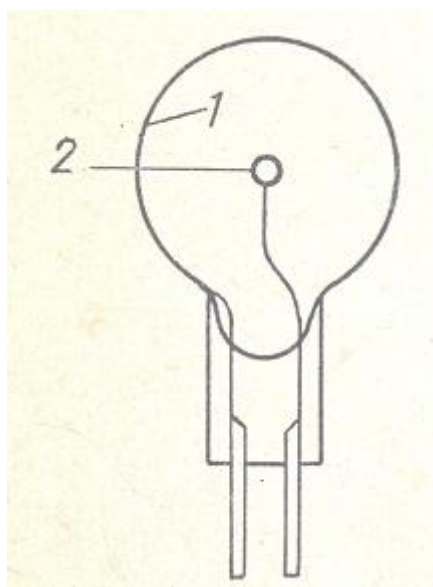
Фотоэлементларни спектрал сезгирлиги бу унинг турли тўлқин узунлигидаги ёруқликка бўлган сезгирлигидир. Фотоэлементларни спектрал сезгирлиги график кўринишида тасвирланади. Бунда абсцисса ўқида ёруғликни тўлқин узунлиги, ордината ўқида эса фототок катталиги жойлаштирилади.

Колориметрияда ёруғлик оқимлари интенсивликларини ўлчашда қуйидаги икки турдаги фотоэлементлар ишлатилади:

- Ташқи фотоэффектга асосланган (вакуумли фотоэлементлар);
- Тўсувчи қатламдаги фотоэффектга асосланган (“вентилли” фотоэлементлар).

Ташқи фотоэффектга асосланган фотоэлементлар. Ташқи фотоэффектга асосланган фотоэлементлар иккита асосий гуруҳларга бўлинади:

- 1) вакуумли;
- 2) газ тўлдирилган.



Расм 2.31. Ташқи фотоэффект-ли фото элемент

Ташқи фотоэффектли фотоэлементлар шишали баллон кўринишида бўлиб, уни ичида фотокатод ва анод жойлаштирилган (расм 2.31). Фотоэлемент катоди сифатида шиша баллон ички юзасига ўтказилган юпқа металл (одатда ишкорий ер метали) қатлами хизмат қилади. Катод олдида учиб чиқаётган фотоэлектронларни тўпловчи анод жойлаштирилади. Анодга ҳалқа шакли берилади ва у катодга тушаётган ёруғликка ҳалақит

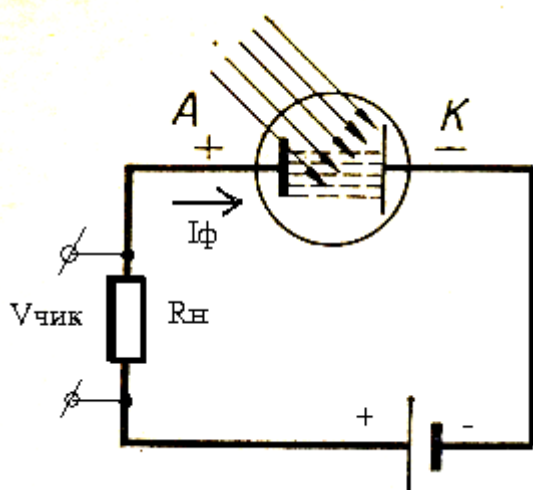
бермайдиган ҳолатда жойлаштирилади. Катод тўғрисида ёруғлик оқимини катодга тушиши учун тиниқ шиша участкаси (туйнук) қолдирилади. Вакуумли фотоэлементларда баллон ичидаги газ юқори сийракланиш даражасигача (10^{-6} мм.сим.уст.) сўриб олинади. Газ тўлдирилган фотоэлементларда эса баллон 0,1-1 мм.сим.уст. босимида инерт газ (аргон) билан тўлдирилади.

Фотоэлектрокалориметр ва спектрофотометрларни тайёрлашда сурьма-цезийли ва кислород-цезийли фотоэлементлар ишлатилади.

Сурьма-цезийли фотоэлемент катоди шиша юзасига сурьма буғларини конденсациялаш йўли билан олинади. Бунда қалинлиги 150 нм бўлган метал сурьма қатлами ҳосил қилинади. Сурьма қатлами цезий буғларида қиздирилганда ярим ўтказгич хусусиятларига эга бўлган кимёвий бирикма (эхтимол $SbCs_3$) ҳосил бўлади. Ярим ўтказгич қатлами юзасига катодни чиқиш ишини пасайтириш учун цезий атомлари адсорбция қилинади. Сезгирликни ошириш мақсадида тайёр фотофаол қатламга кам миқдордаги кислород ёки олтингугурт парлари билан таъсир қилинади.

Анодни тайёрлаш учун никел ишлатилади.

Кислород-цезийли фотоэлементлар баллонни шиша дверларига кумуш қатламини ўтказиш билан тайёрланади. Сўнгра кумуш қатлами оксидланади ва оксидланган қатлам цезий буғларида қайтарилади. Бунда катодни ғадир-будур юзасига цезий атомлари адсорбция қилинади. Оралик қатлам цезий оксиди ва кумуш оксидини майда дисперс заррачаларидан иборат. Шундай қилиб, кислород-цезийли катод кумуш қатлами оралик қатлам, сифатидаги ярим ўтказгич ва уни юзасига адсорбция қилинган цезий атомларидан иборат.



Расм 2.32. Вакуумли фотоэлемент схемаси

Фотоэлементни улаш схемаси расм 2.32 да келтирилган. Анод занжирида ўзгармас кучланишли манба (150-250 В) ва R_n қаршилиги мавжуд. Фотоэлемент ёритилганда уни катоди электронлар эммитерлай бошлайди ва анод занжирида I_ϕ фототок ҳосил бўлади. I_ϕ қиймати ёруғлик оқими интенсивлиги ϕ га пропорционалдир.

$$I_\phi = \kappa \cdot \phi$$

Ёруғлик оқими катталиги ўзгарганда пропорционал равишда фототок ҳам ўзгаради ва чиқиш кучланиши катталиги

$$V_{чик} = I_\phi \cdot R_n = \kappa \cdot \phi \cdot R_n$$

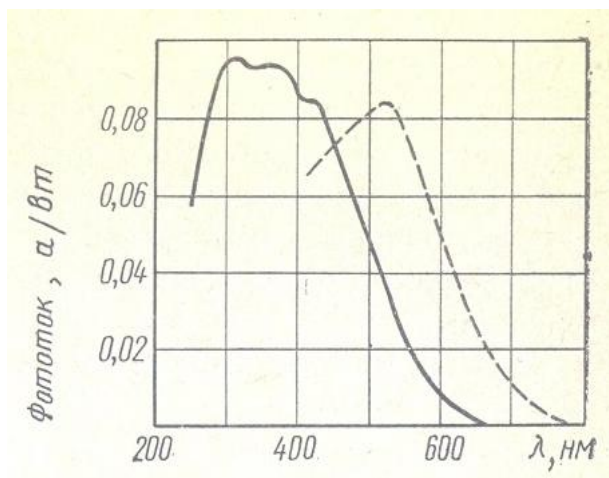
ёруғлик оқими ўзгаришини такрорлайди.

Фотоэлементларни кўлланилишини баҳолашда ва ишлатиш режимларни танлашда характеристика ва параметрлардан фойдаланилади. Фотоэлементларни муҳим характеристикалари қуйидагилар ҳисобланади:

- 1) ёруғлик характеристикаси, яъни $v_a = const$ бўлганда $I_\phi = f(\phi)$ боғлиги;

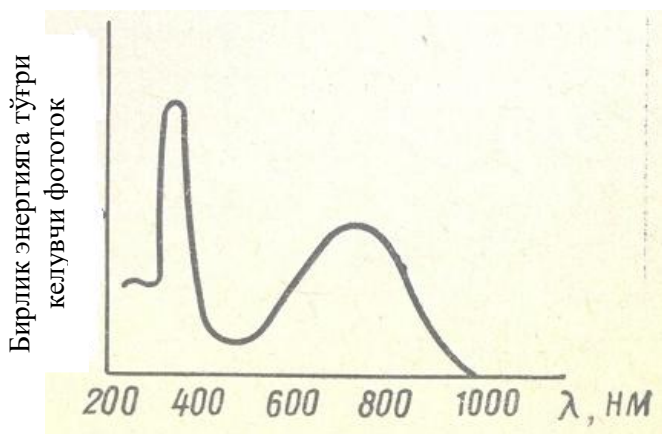
- 2) вольт-ампер характеристикаси, яъни $\phi = const$ бўлганда, $I_{\phi} = f(v_a)$ боғлиги;
- 3) спектрал характеристикаси, фотоэлементлар сезгирлигини турли тўлқин узунлигидаги ёруғлик оқимларига боғлиқлигини ифодалайди.

Сурьма-цезийли фотоэлементнинг типавий спектрал характеристикаси



Расм 2.33. Сурьма-цезийли фотоэлементни спектрал характеристикаси (кислород билан сенсбилизация қилинмаган – узлуксиз чизик, сенсбилизацияланган – пунктр чизик)

ультрабинафша нурлар учун пасайиши билан боғлиқ. Сурьма-цезийли фотоэлементларни интеграл сезгирлиги етарлича юқори ва 100-200 ма/лм ни ташкил қилади. Кислород-цезийли фотоэлемент спектрал характеристикасини (расм 2.34) ўзига хос хусусияти уни спектрни узун



Расм 2.34. Кислород-цезийли фотоэлементни спектрал характеристикаси

расм 2.33 да келтирилган. Бу фотоэлемент спектрни қисқа тўлқинли, кўринадиган ва ультрабинафша соҳаларида юқори сезгирлиги билан ажралиб туради. Унинг қизил чегараси 700 нм да жойлашган. Эгри чизикни узок ультрабинафша соҳаларда тушиши катод сезгирлигини камайиши билан эмас, балки баллон шишаси тиниқлигини

тўлқинли қисмидаги нурларига (750-1000 нм) юқори сезгирли ва ультрабинафша соҳаларда қатор максимумларни мавжудлиги ҳисобланади.

Фотоэлементларни муҳим параметрларидан

бири бу $\phi = 0$ бўлганда, фотоэлемент занжирида ўтувчи қоронғулик токи I_k ҳисобланади. Қоронғулик токини катодни термоэлектрик эмиссияси ва шиша бўйича ўтувчи тоқлар келтириб чиқаради. Шиша бўйича ўтувчи тоқлар ишчи кучланиш катталигига пропорционал бўлиб, одатда 10^{-7} - 10^{-8} А ни ташкил қилади. Вакуумли фотоэлементларни қоронғулик токи газ тўлдирилганларига нисбатан анча кичик.

Фотоэлемент фотокатодлари сезгирлигини вақт давомида ўзгармаслиги муҳим ҳисобланади. Фотоэлементлардан фойдаланиш амалиётида (хусусан кислород-цезий катодли) уларни чарчаши ҳодисаси кузатилади. У шунда намоён бўладиги, ёруғлик оқимини катта қийматларида фотоэлемент сезгирлиги вақт давомида тез пасаяди ва баъзида бошланғич катталигини 25 % гача етиши мумкин. Агар бундай “чарчаган” фотоэлемент бир мунча вақт қоронғуликда жойлаштирилса, уни сезгирлиги деярли бошланғич қийматигача тикланади. Сезгирликни вақтинчалик йўқотилишидан ташқари фотоэлементларда сезгирликни қайтмас йўқотилиши ҳам кузатилади. Кислород-цезийли катодлар 40-50 соат ишлагандан кейин уларни сезгирлиги бошланғич катталигига нисбатан 75-70 % қайтмас пасаяди. Сурьма-цезий фотокатодли фотоэлементларда сезгирликни бошланғич қийматига нисбатан 60-50 % қайтмас пасайиши 3000-4000 соат ишлатилгандан кейин содир бўлади.

Тўсувчи қатламли фотоэлементлар (фотодиодлар). Нур энгергияси баъзи ярим ўтказгичларга тушганида ички фотоэффект ҳодисаси кузатилади. У нурланаётган жисм қаршилигини камайишида намоён бўлади. Ички фотоэффектнинг физикавий моҳияти шундаки, ёруғлик квантлари энгергияси таъсирида ярим ўтказгич кристалл панжарасидаги баъзи атомлар билан боғланган электронларни озод бўлиши ва уларни ўтказувчанлик электронларига айланиши содир бўлади.

Ички фотоэффектда электронлар моддани тарқ этмайди, балки уни ичида ҳаракатланади. Ички фотоэффект ёруғликни модда ичига етарлича кирганида пайдо бўлади.

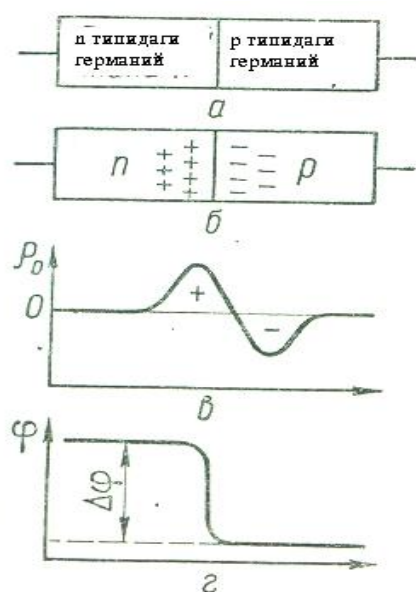
Ярим ўтказгичларни ички фотоэффектга мойиллиги тўсувчи қатламли фотоэлементларни – фотодиодларни яратилишида фойдаланилган. Фотодиодлар фотоэлектрик колориметрларни тайёрлашда кенг ишлатилади.

Фотодиод ярим ўтказгичли диод бўлиб, уни тескари токи p-n ўтишни ёритилганлигига боғлиқ. p-n ўтиш ёки электрон-тешикли ўтиш бу иккита турли ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгичлар чегарасидаги соҳадир. Фотодиод шундай тайёрланадики, уни p-n ўтиши бир томондан шишали туйнукга қаратилган бўлиб, у орқали ёруғлик тушади. p-n ўтишни иккинчи ўтиши ёруғлик таъсиридан ҳимояланган бўлади.

Маълумки, ярим ўтказгичларни ўтказувчанлиги ҳам эркин электронлар ва ҳам тешикларни (ковалент боғларидаги электронлардан озод бўлган атоми) ҳаракатланиши билан боғлиқ. Биринчи ҳолда заряд элтувчилар манфий (негатив), иккинчи ҳолда эса мусбат (позитив) бўлади. Ярим ўтказгичлардаги бу ўтказувчанликлар тегишлича электрон ёки n типидagi ўтказувчанлик ва тешикли ёки p типидagi ўтказувчанлик деб номланади. Ярим ўтказгичли асбобларни тайёрлашда яққол намоён бўлган бир турли ўтказувчанликка эга бўлган ярим ўтказгичлар зарур бўлади. Бир турдаги ўтказувчанликни иккинчисига нисбатан устунлигига ярим ўтказгичга бошқа моддалар аралашма моддалар атомларини киритиш йўли билан эришиш мумкин. Ярим ўтказгичларда эркин электронларни ошишига олиб келувчи аралашмалар донор, тешикларни ошишига олиб келувчилар эса акцепторлар деб юритилади. Масалан, тўрт валентли электронларга эга бўлган германий кристалига беш валентли мышьяк атомлари киритилса, электрон ўтказувчанли ёки n типидagi ярим ўтказгичлар олинади. Тўрт валентли германий кристалига уч валентли индий киритилганда эса, тешик ўтказувчанли ёки p типидagi ярим ўтказгичлар ҳосил қилинади. n типли ярим ўтказгичлардаги электронлар ва p типли ярим ўтказгичлардаги тешиклар асосий ток элтувчилар, оз миқдорда p ярим ўтказгичларда мавжуд

бўлган электронлар ва n типли ўтказгичлардаги тешиклар ноасосий ток элтувчилар деб номланади.

Ташқи кучланиш манбаи уланмаганда ярим ўтказгични p - n ўтишидаги электр зарядларни ҳаракатланиши асосий заряд элтувчиларни бир ўтказувчанлик соҳасидан иккинчисига диффузияланиш характериға эға. n типдаги ярим ўтказгичда электронлар концентрацияси p типли ярим ўтказгичға нисбатан баланд бўлганлиги сабабли электронлар p типли ярим ўтказгичға уни чегара қатламини манфий зарядлаб диффузия қилинади. p типдаги ярим ўтказгични чегара қатлами электронларни йўқотиб мусбат зарядланади (расм 2.35). Айнан шундай ҳодисалар тешиклар билан ҳам рўй



Расм 2.35. Турли типдаги ўтказувчанликка эға бўлган ярим ўтказгичлар чегарасида электрон тешикли ўтишни ҳосил бўлиши: а-икки ўтказувчанликка эға бўлган германий пластинкалари; б- n ва p типдаги германий чегарасида фазовий зарядларнинг ҳосил бўлиши; в- n ва p типдаги германий чегарасида фазовий зарядларни тақсимланиши; г-электрон тешикли ўтишда потенциалларни тақсимланиши

беради ва улар n типдаги ўтказгичға диффузия қилиниб, чегара қатламларида ўша қутбли кўшимча зарядлар ҳосил қилади. Қатлам чегарасида пайдо бўлаётган фазовий зарядлар p - n ўтиш соҳасида электр майдонни ҳосил қилади. Бу майдон шундай йўналганки, озод электронларни n қатламдан p қатламға ва тешикларни қарама-қарши йўналишда диффузия қилинишиға тўсқинлик қилади. Шунинг учун p - n ўтиш участкасидаги электр майдон потенциал тўсиқ ёки катта қаршилиқка эға бўлганлиги сабабли баъзи ҳолларда тўсувчи қатлам деб

номланади.

Фотодиодлар схемада ташқи энергия манбаи билан (фотодиодли режим) ва усиз уланиши мумкин. Фотодиодли режимда таъминлаш манбаини кучланиши фотоэлементга тескари йўналишда берилади. Агар фотодиод ёритилмаса, занжирда унчалик катта бўлмаган тескари (қоронғулик) ток (10-20 мка германийли фотодиодлар учун 1-2 мка кремнийли диодлар учун) ўтади.

Фотодиод ёритилганда қўшимча электронлар ва тешиклар сони ҳосил бўлади. Бунинг натижасида ноасосий зарядларни (электронларни p соҳадан n соҳага ва тешикларни тескари йўналишда) ўтиши ошади. Бу занжирда токни ошишига олиб келади.

Вентили режимда ёруғлик оқими таъсирида фотодиодда электр юритувчи куч ҳосил бўлади. Электрон-тешикли ўтиш ва унга ёндош ярим ўтказгич участкаларини ёритилишида улар ўртасида электр юритувчи кучни ҳосил бўлиши фотогальваник эффект деб номланади.

Ярим ўтказгичга тушаётган фотон оқимлари унда бир мунча миқдордаги ҳаракатчан заряд элтувчилари – электрон ва тешикларни ҳосил қилади (расм 2.36). Уларни бир қисми ўтиш қатламига диффузия қилинишида рекомбинация қилинишга улгурмайди ва чегараларгача бориб етади. Ўтиш чегарасида электрон-тешик жуфтлари ўтиш электр майдони таъсирида ажратилади. P - n ўтиши ноасосий элтувчилар учун тезлаштирувчи ҳисобланади ва шунинг учун бу майдон таъсирида улар ўтишни у томонига олиб ташланади. Бунда тешиклар p соҳага, электронлар эса n соҳага олиб ташланади. Асосий заряд элтувчилар эса ўтиш майдони билан ўз соҳаларида ушланиб қолинади. Натижада компенсация қилинмаган зарядларни тўпланиши рўй беради ва p - n ўтишда фотоэлектр юритувчи куч (ф.э.ю.к) деб номланадиган қўшимча потенциаллар фарқи пайдо қилинади.

Ф.э.ю.к катталиги ёруғлик оқими интенсивлигига боғлиқ ва одатда вольтни ўнлик улушларини ташкил қилади. Агар бунда p - n структура занжири туташтирилса, у ҳолда унда ф.э.ю.к таъсирида электр токи ҳосил

қилинади ва уни кучи ёруғлик оқими катталиги ва юклама қаршилигига боғлиқ. Фотодиодни ёритилишида ҳосил бўлган ток кучи қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$i = i_0 \cdot s \cdot I,$$

бу ерда i_0 - 1 лм бирлик интенсивлиги ва 1 см² бирлик юза учун фототок;
 s - фотоэлемент юзаси, см²;
 I - ёруғлик интенсивлиги, лм.

Бир хил фотоэлементлар учун s ва i_0 ўзгармас катталиклар бўлиб, уларни битта константага бирлаштириш мумкин:

$$i_0 \cdot s = K$$

у ҳолда

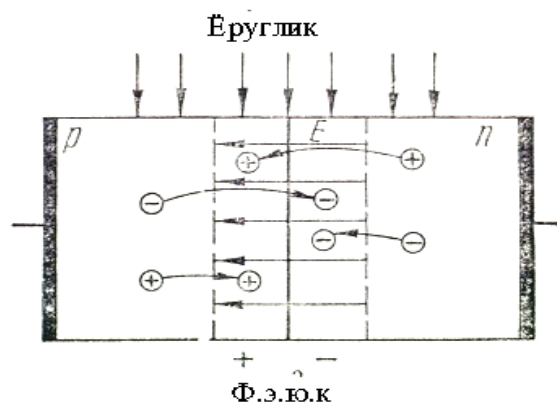
$$i = K \cdot I$$

яъни, ток катталиги фотоэлементга тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига тўғри пропорционалдир.

Фотодиодларни интеграл сезgirлиги диод фототокини келиб тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига бўлган нисбатидир. Фотоелектрокалориметрлар учун интеграл сезgirлиги 300 ма/лм дан кам бўлмаган фотоэлементлар ишлатилади.

Фотодиодларни ёруғлик **характеристикаси** ундаги ўзгармас кучланишда фотодиод токини ёруғлик оқими катталигига боғлиқлигини акс эттиради: $U_d = const$ бўлганда, $i_\phi = f(I)$. Фотодиодни ёруғлик характеристикаси ёруғлик оқимини кенг диапазонда чизикли бўлади.

Фотодиодни спектрал характеристикаси унинг спектрал сезgirлигини унга келиб тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлигини кўрсатади.



Расм 2.36. Ёруғлик таъсиридаги электрон тешикли ўтиш

Кўпгина фотодиодларни энг катта сезгирлиги тўлқин узунлиги 540-560 нм бўлган ёруғликка мос келади.

2.4.3. Фотоэлектрик колориметрларни асосий турлари

Фотоэлементларни калориметрияда ишлатилиши пайдо бўлаётган фототок катталигини маълум чегараларда фотоэлементга тушаётган ёруғлик оқими интенсивлигига чизиқли боғланишига асосланган. Агар I_0 доимий интенсивликдаги ёруғлик оқими йўлида бўялган эритма солинган кювета жойлаштирилса, унда ёруғлик оқими кювета орқали ўтгач I интенсивликка эга бўлади. Бунда I интенсивликдаги ёруғлик оқими I_0 интенсивликдаги бошланғич ёруғлик оқимига нисбатан кучсиз фототок ҳосил қилади. Модда концентрацияси қанчалик юқори бўлса, I шунчалик кичик ва майда катталикдаги фототок ҳосил қилинади. Бу ҳолда бошланғич ёруғлик оқимини ютилиши бўйича Бугер-Ламберт-Бер қонунидан фойдаланиб, эритмадаги бўялган модда концентрациясини ҳисоблаш мумкин:

$$D = \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot c \cdot b.$$

Бунда I_0 ўрнида фотоэлементни таққослаш эритмаси орқали ўтган ёруғлик оқими билан ёритилганда ҳосил бўлган ток кучи, I ўрнида эса бўялган эритма орқали ўтган ёруғлик оқими ҳосил қилган ток кучи қабул қилинади, чунки Столетов қонунига кўра $i = k \cdot I$.

Фотоэлектрокалориметрлар ўлчашда ишлатиладиган фотоэлементлар сонига кўра 2 гуруҳга бўлинади:

- а) битта фотоэлементи фотокалориметрлар (бир нурли ёки бир елкали асбоблар);
- б) икки фотоэлементли фотокалориметрлар (икки нурли ёки икки елкали).

Бир фотоэлементли фотокалориметрлар. Бир фотоэлементли оддий фотоэлектрокалориметрлар схемаси расм 2.37 да келтирилган. Бу қурилмада

ёруғлик манбаи (1) сифатида аккумулятор батареяси (2) таъминладиган 6 ёки 12 вольтли чўғланиш ёритгичи ишлатилган. Конденсатор линзаси (3) ёруғлик нурлари оқимини диафрагма (4) орқали светофильтр (5) ва эритма солинган кювета (6) орқали фотоэлемент (7) га йўналтиради. Селенли фотоэлемент фототоки 50-120 бўлинмали шкалага эга бўлган сезгир гальвонометр (8) билан ўлчанади. Бундай фотокалориметрлардан фойдаланилганда ёруғлик оқимини бўялган эритма орқали ўтишида гальвонометр стрелкасини бурилиши бевосита қайд қилинади. Ёруғлик оқимини кювета деворларидан аксланиши ва эритувчи томонидан ютилиши сабабли йўқотилишини ҳисобга олиш учун ўлчаш нол эритмага нисбатан қуйидаги тартибда амалга оширилади. Кюветага таққослаш эритмаси қуйилади ва гальвонометр стрелкасини оғиши (n бўлинмалар) аниқланади. Сўнгра кюветага таҳлил қилинаётган эритма қуйилади ва яна гальвонометр кўрсатиши (n_1) аниқланади. Агар I_0 келиб тушаётган ёруғлик оқими интенсивлиги, I уни нол эритма чиқишидаги интенсивлиги, I_2 ёруғлик оқимини бўялган эритма солинган кюветадан чиқишидаги интенсивлиги бўлса, унда нол эритмали кювета оптик зичлиги қуйидагича аниқланади:

$$\lg \frac{I_0}{I_1} = \lg I_0 - \lg I_1 = \varepsilon' \cdot b$$

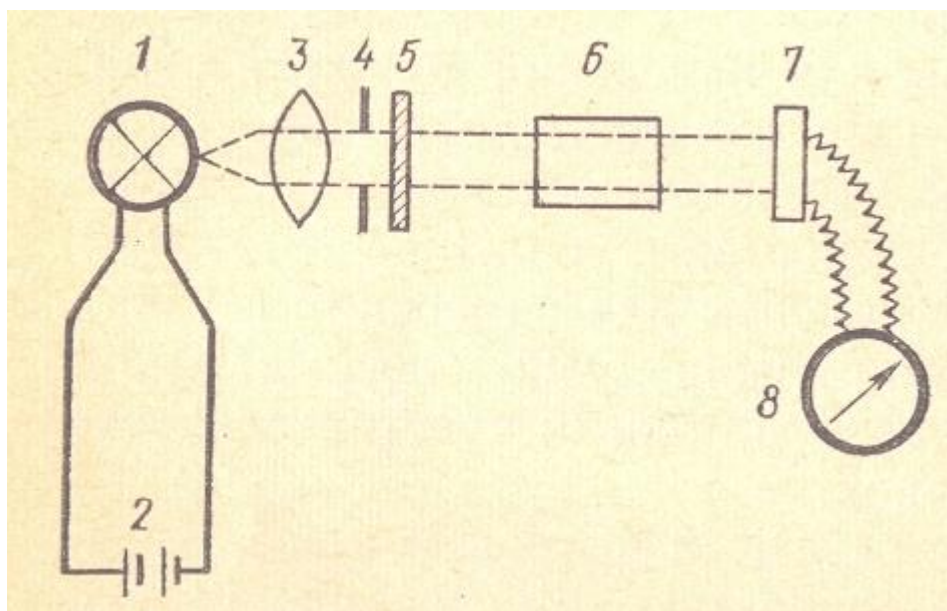
бу ерда ε' - нол эритмани ютилиш коэффициенти.

Эритма солинган кюветани оптик зичлиги

$$\lg \frac{I_0}{I_2} = \lg I_0 - \lg I_2 = \varepsilon' \cdot b + \varepsilon'' \cdot c \cdot b$$

бу ерда ε'' - бўялган эритмани ютилиш коэффициенти;

c - эритма концентрацияси.



Расм 2.37. Тўғри таъсирли фотоколориметрни принципиал схемаси:

1-ёритгич; 2-батарея; 3-конденсор линзаси; 4-диафрагма; 5-светофильтр; 6-эритма қуйилган кювета; 7-фотоэлемент; 8-гальванометр

Биринчи тенгламани иккинчисидан айирсак қуйидаги ҳосил қилинади:

$$\lg I_1 - \lg I_2 = \varepsilon'' \cdot c \cdot b$$

Гальванометр стрелкасини оғиши кюветалардан чиқаётган ёруғлик оқимлари интенсивликларига пропорционал, яъни $I_1/I_2 = n/n_1$. Бундан

$$\lg I_1 - \lg I_2 = \lg n - \lg n_1$$

Тенгламаларни таққослаб, қуйидаги хулосага келамиз.

$$\lg n - \lg n_1 = \varepsilon'' \cdot c \cdot b$$

Шундай қилиб, n ва n_1 қийматларни билган ҳолда эритма оптик зичлигини $D = \lg \frac{n}{n_1} = \varepsilon'' \cdot c \cdot b$ ҳисоблаш мумкин. Бундай

фотоколориметрлардан фойдаланилганда $\lg \frac{n}{n_1}$ ни мода концентрациясига боғлиқлигини акс эттирувчи калибрланган график тузилади. Эритма Ламберт-Бер қонунига бўйсинган ҳолатларда бу боғлиқлик чизикли бўлади. Бирлик аниқлашларда графикни тузиш шарт эмас, стандарт ва тадқиқот

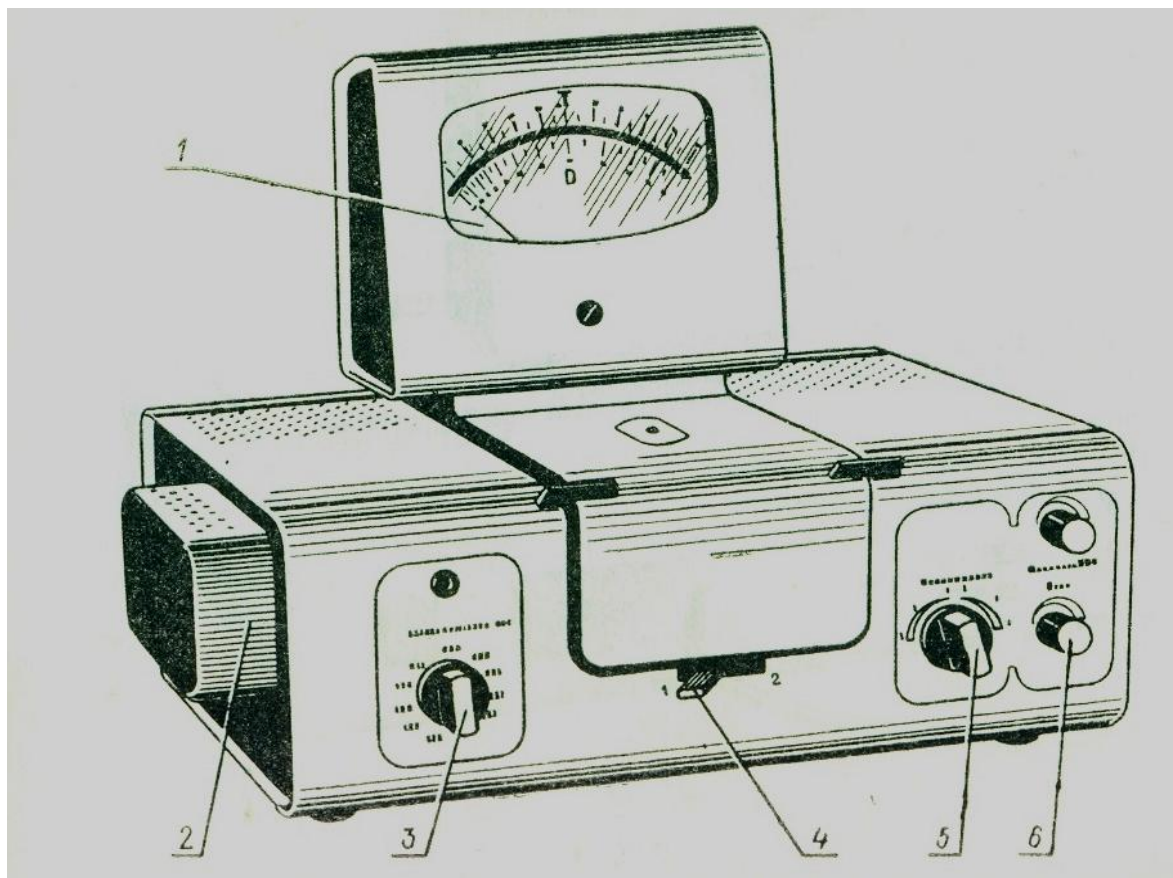
этилаётган эритмаларни ўлчаш маълумотлари асосида модда концентрацияси аниқланади.

Бу асбобларда олинadиган аниқлик унчалик катта эмас ва куйидагиларга боғлиқ: 1) фотоэлемент сифати; 2) ёритиш режимини доимийлиги. Ишончли натижаларни ёритгич чўғланиш режими доимий сақланганидагина олиш мумкин. Шунинг учун бундай асбоблар аккумуляторлар токи билан ёки электр тармоғидан стабилизатор орқали таъминланади; 3) гальванометр кўрсатишларини такрорланиши ва уни шкаласини тенг ўлчовлилигига боғлиқлиги.

Бир фотоэлементли фотокалориметрлар гуруҳига КФК-2 русумли фотоэлектрик концентрацион колориметр (расм 2.38) ҳам тегишли. Колориметр светофильтрлар ёрдамида ажратилadиган 315-980 нм тўлқин узунликлардаги баъзи диапазон участкаларида суюқликли эритмаларни ўтказувчанлик коэффициентини ва оптик зичлигини ўлчашга, шунингдек даражаланган графиклар тузиш усули билан эритмалардаги модда концентрациясини аниқлашга мўлжалланган. Колориметр шунингдек, ўтувчи ёруғликда эмульция ва коллоид эритмаларни ўтказувчанлик коэффициентини ҳам ўлчаш имкониятига эга. Колориметрда ўтказувчанлик коэффициентини ўлчаш чегараси 100 дан 1 % гача (оптик зичлик 0 дан 2 гача). Нурланиш манбаи сифатида КГМ 6,3-15 русумли майда ўлчамли галоген ёритгичи ишлатилган.

Асбобда нурланиш энергиясини қабул қилгич сифатида 315-540 нм спектрал диапазонда ишлаш учун Ф-26 русумли ташқи фотоэффектли фотоэлемент ва 590-980 нм спектрал диапазонда ишлаш учун ФД-24К русумли фотодиод ишлатилган. Ўлчаш натижалари 100 бўлинмали шкалага эга бўлган М907 русумли микроамперметр ёки шкаласи ўтказувчанлик коэффициенти (Т) ва оптик зичлик (D) қийматларида даражаланган М907-10 русумли микроамперметр ишлатилади. Асбоб ишчи томонлари ўлчами 2, 3, 5, 10, 20, 30, 50 мм бўлган тўғри бурчакли кюветалар билан таъминланади. Асбобда 315-980 нм спектрал диапазондаги спектрал интервалларни

ажратиш учун дискда жойлаштирилган 11 та светофильтрлар мавжуд. Асбобни таъминлаш 220 ± 22 В кучланишли частотаси $50/60 \pm 0,5$ Гц бўлган ўзгарувчан ток тармоғидан амалга оширилади. Колориметрни массаси 12 кг.



Расм 2.38. КФК-2 фотоэлектроколориметри:

1-микроамперметр; 2-ёритгич қопқоғи; 3-светофильтрларни ёруғлик дастасига киритиш тутқичи; 4-кюветаларни ёруғлик дастасига жойлаштириш тутқичи; 5-фотоқабул қилгичларни улаш тутқичи; 6-асбоб кўрсатишини 100 бўлинмасига кўпол ва аниқ ўрнатиш тутқичи

Асбобда ўтказувчанлик коэффициентини аниқлаш учун фотоэлементларга навбатма-навбат тўлиқ ва тадқиқот этилаётган суюқлик орқали ўтган ёруғлик оқимлари йўналтирилади ва бу оқимларни нисбати аниқланади. Ёруғлик оқимларини нисбати тадқиқот этилаётган эритмани ўтказувчанлик коэффициенти ҳисобланади.

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

Колориметрда бу нисбат куйидагича аниқланади. Дастлаб, ёруғлик оқимиға эритувчи ёки назорат эритмаси куйилган кювета жойлаштирилади.

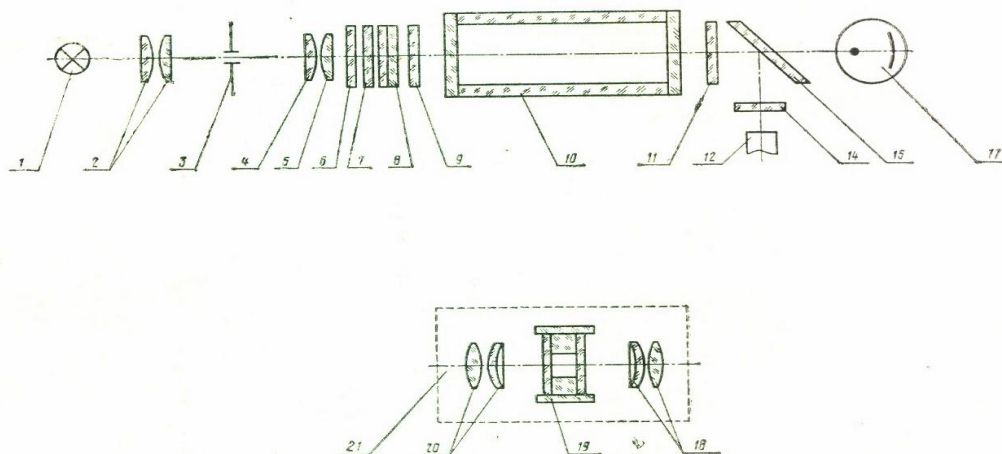
Колориметрни сезгирлигини ўзгартира туриб, ўтказувчанлик коэффициенти шкаласи кўрсатиши $n1$ 100 бўлинмага етказилади. Шундай қилиб, тўлик ёруғлик оқими I_0 шартли равишда 100 % қабул қилинади. Сўнгра ёруғлик оқимига таҳлил этилаётган суюқлик солинган кювета жойлаштирилади. Колориметрни ўтказувчанлик коэффициенти шкаласи бўйича қайд қилинган ҳисоб $n2$ I га мос келади. Демак, таҳлил этилаётган суюқликни (фоизларда ифодаланган) ўтказувчанлик коэффициенти $n2$ га тенг бўлади, яъни

$$T\% = n2$$

Оптик зичлик D қуйидагича аниқланади:

$$D = -\lg \frac{I}{I_0} = -\lg \frac{T}{100} = 2 - \lg T$$

Фотокалориметрни оптик схемаси расм 2.39 да келтирилган.



Расм 2.39. КФК-2 фотоэлектрик колориметрни оптик схемаси.

Ёритгич 1 ни чўгланиш толаси конденсатор 2 билан диафрагма 3 текислигида тасвирланади. Бу тасвир объективлар 4, 5 билан 10 марта катталаштирилиб, ундан 300 мм масофада жойлашган текисликка ўтказилади. Тадқиқот этилаётган суюқлик солинган кювета 10 ёруғлик оқимига иккита ҳимоя шишалари 9, 11 ўртасида киритилади. Лампани узлуксиз спектридан тор спектр участкаларини ажратиб олиш учун рангли светофильтрлар 8 хизмат қилади. Спектрни кўринадиган қисмида (400-490 нм) ишлашда ёруғлик оқимига иссиқликдан ҳимоя қилувчи светофильтр 6 киритилади. Ёруғлик оқимини 400-540 нм спектрал диапазонда ишлаш

пайтида кучсизлантириш учун светофилтрлар 7 назарда тутилган. Фотоқабул қилгичлар 12, 17 спектрни турли соҳаларида ишлайди. Пластинка 15 ёруғлик оқимини иккига бўлади: 10 % ёруғлик оқими ФД-24К фотодиоди 12 га ва 90 % ёруғлик оқими эса Ф-26 фотоэлементи 17 га йўналтирилади. Турли светофилтрлар билан ишлашда ФД-24К фотодиодидан олинаётган фототокларни тенглаштириш мақсадида уни олд қисмида СЗС-16 филтр 14 ўрнатилган.

Кичик ҳажмли кюветалар 19 билан ишлашда кювета бўлинмасида микротахлил приставкаси 21 ўрнатилади. Линза 21 ёруғлик дастасини микрокювета ёки пробирка ўрнатилган жойда кичрайтирса, линза 18 эса ёруғлик дастасини бошланғич диаметригача тиклайди.

Колориметр ўзаро механик уланган оптик ва таъминлаш блокларидан иборат. Асбобни оптик блоки қуйидагилардан иборат:

- ёритгич;
- гардишли оптика;
- светофилтрлар;
- кювета бўлинмаси;
- кювета тутқичи;
- ўзгармас ток кучайтиргичи ва ростлаш элементларига эга бўлган фотометрик қурилма;
- қайд қилувчи асбоб.

Таъминлаш блокада тўғирлагичли кучланиш стабилизатори ва трансформатор жойлашган.

КФК-2 фотоколориметрида ўлчашларни амалга оширишда қуйидаги операциялар тартибига риоя қилиш керак:

1. Колориметр ўлчаш бошланишидан 15 мин олдин электр тармоғига уланиши керак. Асбобни иситиш пайтида кювета бўлими очик бўлиши керак.
2. Ўлчаш турига мос рангли светофилтрни киритиш.

3. Колориметрни минимал сезгирлиги ўрнатилади. Бунинг учун “сезгирлик” дастаги “1” ҳолатда, “100 га қўпол созлаш” дастаги эса охирги чап ҳолатига ўрнатилади.
4. Ўлчаш олдидан ва фотоқабул қилгичларни қайта улашда, кювета бўлимини очик ҳолатида, колориметрни стрелкаси ўтказувчанлик коэффиценти Т шкаласи бўйича “0” га ўрнатилганлигини текшириш. Стрелкани нол ҳолатидан четланишида у нолга потенциометр “нуль” ёрдамида келтирилади.
5. Ёруғлик оқимиға эритувчи ёки назорат эритмаси солинган кювета жойлаштирилади.
6. Кювета бўлими қопқоғи ёпилади.
7. “Сезгирлик”, “100 га қўпол созлаш”, ва “100 га аниқ созлаш” дастаги ёрдамида колориметрни шкаласида 100 ҳисоби ўрнатилади.
8. Дастаг 4 (расм 2.38) ёрдамида эритувчи солинган кювета тадқиқот этилаётган эритма қуйилган кювета билан алмаштирилади.
9. Колориметрни тегишли шкалалари бўйича ўтказувчанлик коэффиценти Т фоизларда ёки оптик зичлик D қайд қилинади.
10. Ўлчаш 3-5 марта ўтказилади ва ўлчанган катталиқни якуний натижаси олинган қийматларни ўрта арифметик қиймати сифатида аниқланади.

Эритмадаги модда концентрациясини аниқлаш учун қуйидаги иш тартибига риоя қилиниши керак:

- светофилтрни танлаш;
- кюветани танлаш;
- ушбу модда учун даражаланган эгри чизиқни тузиш;
- тадқиқот этилаётган эритмани оптик зичлигини аниқлаш ва эритмадаги модда концентрациясини аниқлаш.

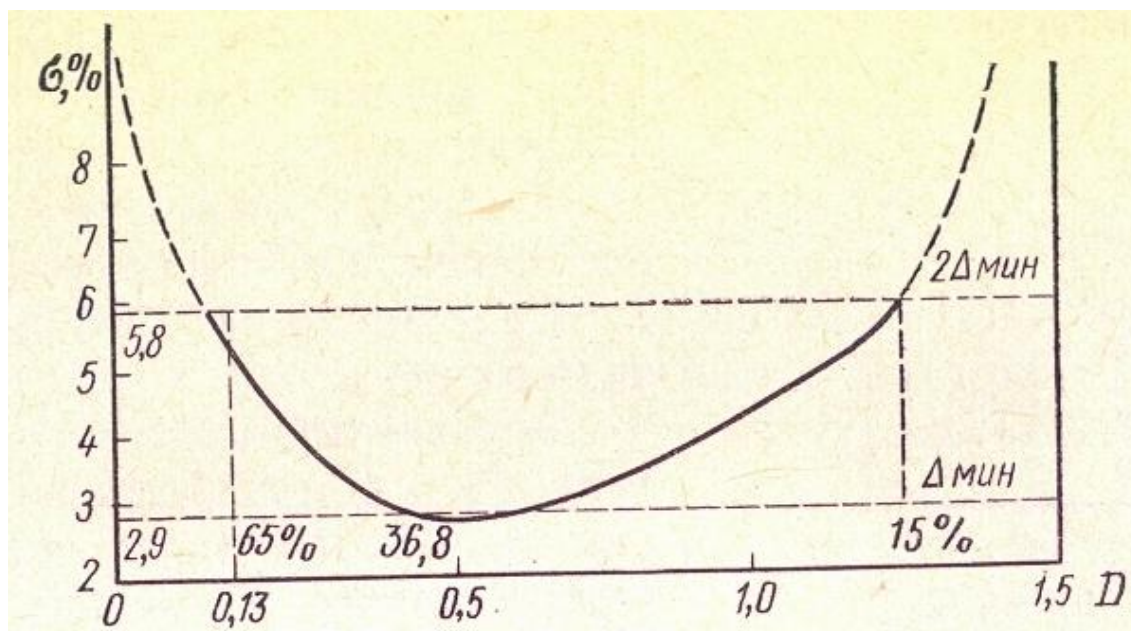
Светофилтрни танлаш учун кюветага эритма қуйилади ва барча светофилтрлар учун оптик зичлик аниқланади. Олинган натижалар бўйича горизонтал ўқда светофилтрларни максимал ўтказувчанлик

коэффициентларини, вертикал ўқда эса эритмани тегишли оптик зичликларни қийматларини белгилаб эгри чизик тузилади. Қуйидаги шартлар бажарилган эгри чизик участкаси белгиланади:

- оптик зичлик максимал қийматларга эга;
- эгри чизик горизонтал ўққа деярли параллел, яъни оптик зичлик тўлқин узунлигига боғлиқ эмас.

Тадқиқот этилаётган суюқлик спектрал эгри чизигини юқорида таъкидланган шартларига мос келувчи тўлқин узунлигидаги светофильтр колориметрда ишлаш учун танлаб олинади. Агар бу шартлар бир неча светофильтрлар учун бажарилса, у ҳлда улар ўртасидан колориметр сезгирлиги баланд бўлган светофильтр танланади.

Эритма концентрациясини аниқлашнинг нисбий хатолиги колориметр шкаласини турли участкаларида турлича бўлиши ва оптик зичликни $D=0,434$ қийматида минимал бўлиши ҳам назарий, ҳам экспериментал исботланган. Расм 2.40 да эритма концентрациясини аниқлашда нисбий хатоликни ўлчанаётган оптик зичлик катталигига боғлиқлиги кўрсатилган. Минимал хато $\Delta_{\text{мин}} = \pm 2,9\%$ оптик зичликни 0,3-0,7 чегараларида кузатилади. Кичик ва катта оптик зичликларни ўлчашда ўлчаш хатолиги ошади. Масалан, D ни ўлчанган 0,1 ва 1,3 қийматлари $2\Delta_{\text{мин}}$, яъни 5,8 % хатолик билан кечади. Шунинг учун колориметрда ишлашда кюветаларни тегишли танлаш йўли билан кўрсатилган оптик зичлик қийматлари яқинида ишлаш тавсия қилинади.



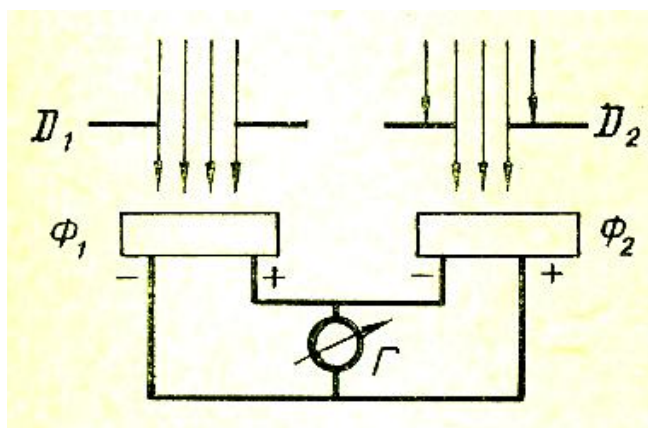
Расм 2.40. Ўлчаш нисбий хатолигини ($\sigma, \%$) оптик зичлик катталигига боғлиқлиги.

Кюветаларни дастлабки танлаш визуал амалга оширилади. Агар эритма интенсив бўялган бўлса, кичик ишчи узунликдаги кюветалардан фойдаланилади. Кучсиз бўялган эритмалар учун катта ишчи узунликдаги кюветалар тавсия қилинади. Шундай дастлабки танланган кюветага эритма куйилади ва шу эритмага мос келувчи светофилтр билан оптик зичлик аниқланади. Агар ўлчанган оптик зичлик қийматлари 0,3-0,5 ни ташкил этса, шу кювета ушбу эритма билан ишлаш учун танланади. Агар ўлчанган оптик зичлик катталиги 0,5-0,6 дан катта бўлса, ишчи узунлиги кичик кювета, агар оптик зичлик катталиги 0,3-0,2 бўлса, катта ишчи узунликдаги кюветани олиш керак.

Даражаланган эгри чизик тузиш учун тадқиқот этилаётган эритмадаги модда концентрациясини мумкин бўлган ўзгаришларини қамраб олувчи ушбу моддани маълум концентрацияли қатор эритмалари тайёрланади. Барча эритмаларни оптик зичликлари ўлчанади ва горизонтал ўқда маълум концентрацияларни, вертикал ўқда эса оптик зичлик қийматларини жойлаштириб даражаланган эгри чизик тузилади.

Тадқиқот этилаётган эритмалардаги моддани номаълум концентрацияси даражаланган эгри чизик бўйича аниқланади. Бунинг учун эритма даражаланган эгри чизик тузишад ишлатилган кюветага қўйилади, ўша светофильрдан фойдаланган ҳолда эритмани оптик зичлиги аниқланади. Сўнгра даражаланган эгри чизик бўйича ўлчанган оптик зичлик қийматига мос келувчи концентрация топилади.

Икки фотоэлементли фотоэлектродколориметрлар. Колориметрик таҳлил мақсадларида иккита фотоэлементлар билан таъминланган фотоэлектрик колориметрлар кенг тарқалган. Ушбу асбоблар конструкцияси асосида иккита ёруғлик дасталари интенсивликларини ўзгарувчан тирқишли диафрагма ёрдамида тенглаштириш принципи, яъни диафрагмани очилишини ўзгартириш йўли билан икки ёруғлик оқимларини оптик компенсациялаш принципи ётади.



Расм 2.41. Оптик компенсацияли асбобларда фотоэлементларни улаш схемаси

Оптик компенсациялаш принципида (расм 2.41) бир хил интенсивликдаги иккита ёруғлик оқимлари бир хил иккита Φ_1 ва Φ_2 фотоэлементларга берилади. Фотоэлементларда пайдо бўлаётган тоқлар нол гальванометр Γ ни рамкси бўйлаб, бир-бирига қарама-қарши йўналишда ўтади. Фотоэлементлар бир хил

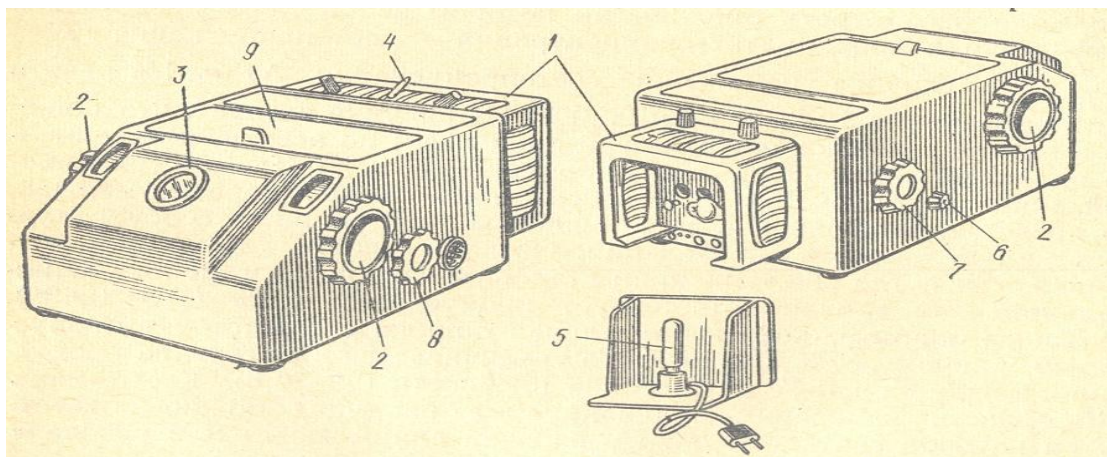
ёритилганида, уларда пайдо бўлаётган фототоқлар ҳам катталиги бўйича бир хил ва йўналиши бўйича қарама-қарши бўлади. Табиийки, бу ҳолда гальванометр стрелкасини нолдан четланиши кузатилмайди, чунки тоқларни компенсацияланиши содир бўлади. Агар фотоэлементларни ёритилганлиги бир хил бўлмаса, тоқларни компенсацияланиши ҳам содир бўлмайди ва гальванометр стрелкаси нолдан четланади. D_1 ва D_2 диафрагмаларни

очилишини ўзгартира туриб иккала фотоэлементга тушаётган ёруғлик оқимларини тенглаштириш мумкин. Гальванометр стрелкасини нолга қайтиши ёруғлик оқимларини тенглашганидан далолат беради.

Оптик компенсациялаш принципи бўйича ФЭК-М, ФЭК-Н-54, ФЭК56-М (расм 2.42) ва бошқа фотоэлектроколориметрлар қурилган.

Фотоэлектроколориметр ФЭК-Н-54 етарлича аниқ, ихчам ва фойдаланишга қулай асбоб ҳисобланади. Асбоб бўялган эритмалар, эмульсия ва коллоид эритмалар концентрацияларини эталон ва таҳлил қилинаётган эритмалар орқали ўтаётган иккита ёруғлик оқимларини таққослаш йўли билан аниқлашга мўлжалланган.

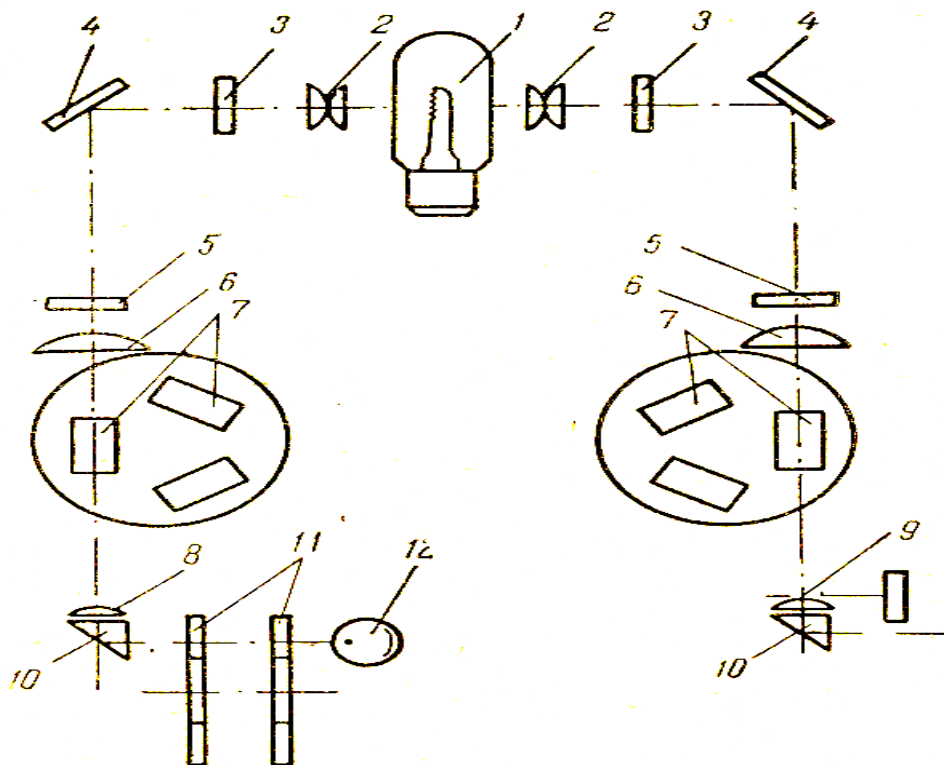
Фотоэлектроколориметр ФЭК-Н-54 асбобида нур энергиясини қабул қилиш учун иккита сурьма-цезийли СИВ-3 ташқи фотоэффектли фотоэлементлар ишлатилган. Фотоэлементлар дифференциал схема бўйича қучайтиргич орқали гальванометрга уланган. Асбоб ишчи масофаси 1 дан 50 мм гача бўлган 4 та бир хил кюветалар набори билан таъминланган. Ёритиш манбаи сифатида СИ-98 чўғланиш ёритгичи ишлатилган. Асбобни оғирлиги таъминот қурилмаси билан биргаликда 35 кг.



Расм 2.42. ФЭК-56М русурмли фотоэлектроколориметрнинг умумий кўриниши:

1-ёритгич мосламаси; 2-ўлчов диафрагмасини ҳисоб барабанлари; 3-индиктор лампасини кўриш деразачаси; 4-пардачаларни қайта улаш дастаги; 5-чўғланиш ёритгичи жойлаштарилган панель; 6-электрик нолни ўрнатиш дастаги; 7-светофилтрларни кўшиш дастаги; 8-ўнг ёруғлик оқимидаги кюветаларни силжитиш дастаги; 9-асбоб қопқоғи.

Фотоколориметр иккита алоҳида қисмлардан (асбоб ва таъминлаш қурилмаси) иборат бўлиб, улар ёритувчи ёритгич кучланишини ва фотоэлементлар электр тизимини стабиллашга хизмат қилади. Фотоколориметрни оптик схемаси расм 2.43 да тасвирланган.



Расм 2.43. ФЭК-Н-54 фотоколориметрни оптик схемаси:

1-ёритиш лампаси; 2-конденсор; 3-иссиқликдан ҳимоялаш шишаси; 4-кўзгу; 5-светофильтр; 6, 8-линзалар; 7-кюветалар; 9-тирқишли ўлов диафрагмаси; 10-призмалар; 11-нейтрал клинлар; 12-фотоэлементлар.

Ёруғлик оқими чўғланиш ёритгичидан конденсор ва иссиқликдан ҳимоялаш шишалари (иссиқлик нурларини ютиш учун) орқали акс эттирувчи кўзгуларга тушади. Аксланган ёруғлик оқимлари светофильтр, эритма солинган кювета, линза, призма орқали дифференциал схема бўйича уланган фотоэлементларга тушади. Фототоклар ўзаро тенг бўлганда, гальванометр стрелкаси нолда тўхтайдди. Чаптаги ёруғлик оқими қўшимча равишда уни бир текис кучсизлантириш имконини берувчи нейтрал клинлар орқали ўтади. Компенсацияловчи клинларни бири қўпол, иккинчи эса аниқ созлаш учун хизмат қилади.

Ўнгдаги ёруғлик оқими тирқишли диафрагма орқали ўтади. Тирқишли диафрагма иккита ҳисоб барабанлари билан боғланган бўлиб, улар айланганида диафрагма ўз кенглигини ўзгартиради. Бу ҳолда ўнг фотоэлементга тушаётган нурланиш оқими катталиги ҳам ўзгаради. Ҳисоб барабанлари битта ўқда жойлашган бўлиб, уларни ҳар бири иккита шкалага эга. Қора шкала ёруғлик ўтказиш коэффиценти шкаласи, иккинчи қизил шкала эса оптик зичлик шкаласи ҳисобланади. Чап барабандаги ёруғлик ўтказиш шкаласи 0 дан 100 % гача даражаланган бўлиб, 100 % ёруғлик ўтказувчанлик диафрагмани тўлиқ очилганлигига, 0 % эса уни тўлиқ ёпилганлигига мос келади. Қизил шкала бўйича 0 дан 2,5 гача бўлган оптик зичлик бирликларини ўлчаш мумкин.

Ўнг барабандаги шкала шундай жойлаштирилганки, ёруғлик ўтказувчанлик шкаласи бўйича 100 % диафрагмани минимал очилишига, 30 % эса уни максимал очилишига мос келади. Ўнг барабаннинг қизил шкаласи 0 дан 0,52 гача бўлган оптик зичлик қийматларини ўлчаш имкониятига эга. Ўнг барабаннинг ёруғлик ўтказувчанлик шкаласи 0,3-0,52 гача бўлган соҳаларда чап барабан шкаласига нисбатан юқори аниқликни беради.

Гальванометр сезгирлигини ўзгартириш учун асбобни чап ён томонидаги ростлагич хизмат қилади. Ростлагич минимал, ўрта ва максимал сезгирликка эга бўлган учта ҳолатга эга. Гальванометр стрелкасини нолга ўрнатиш учун асбобни ўнг ён томонида жойлашган ва потенциометр движоги билан боғланган дастакдан фойдаланилади.

Асбоб иккита дискга ўрнатилган 11 та светофилтрлар билан таъминланган. Бир светофилтрдан бошқасига ўтиш учун асбобни олд деворида жойлашган дастак ишлатилади.

Таъминлаш қурилмаси кучланиш стабилизатори, трансформатор, ток тўғирлагичидан иборат бўлиб, асбоб билан кўп ўтказгичли кабел ёрдамида уланади.

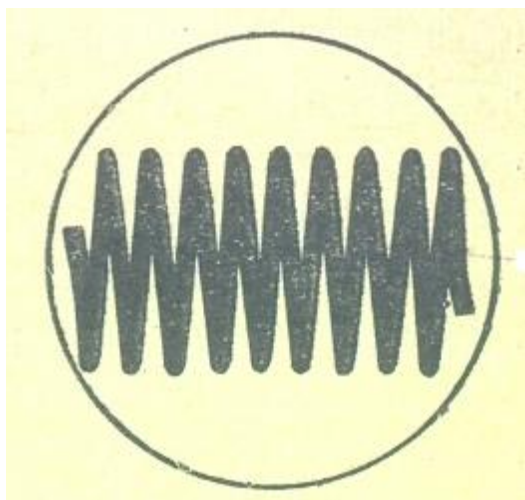
Ишни бажариш тартиби. Ўнг кюветатутқичига тадқиқот этилаётган эритма солинган кювета, чапдагисига эса эритувчи солинган кювета

жойлаштирилади. Бунда тирқишли диафрагма тўлиқ очилган, чап барабан эса ёруғлик ўтказиш қора шкаласи бўйича 100 % бўлинмасига ўрнатилган бўлиши керак. Тадқиқот қилинаётган эритма томонидан ёруғликни ютилиши сабабли ўнг томондаги фотоэлементни ёритилганлиги чап томондагисига нисбатан паст бўлади ва гальванометр стрелкаси нол ҳолатидан қўзғалади. Фототокларни тенглаштириш учун чап ёруғлик оқимиға нейтрал клинлар киритилади ва у гальванометр стрелкаси нол ҳолатига ўрнатилмагунича кучсизлантирилади. Сўнгра ўнг ёруғлик оқимидаги кюветаэритучи солинган кюветаға алмаштирилади. Бунда фототоклар тенглиги бузилади. Ҳисоб барабанларини айлантириш билан тирқиш кенглиги камайтирилади ва ўнг фотоэлементга берилаётган ёруғлик оқими катталиги кучсизлантирилади.

Ўлчов барабанлари шкаласи бўйича ўтказувчанлик коэффициенти катталиги ёки таҳлил этилаётган эритмани оптик зичлиги қайд этилади. Асбобда мавжуд бўлган светофилтрлар колориметрик таҳлил аниқлигини ошириш имкониятини беради. Светофилтрни танлаш юқорида кўрсатилганидек таҳлил этилаётган суюқлик учун тузилган спектрал эгри чизик асосида амалга оширилади. Бундан ташқари, асбоб комплестидаги тегишли кюветаларни танлаш йўли билан ўлчашни энг кичик нисбий хатолигини таъминловчи 0,2-0,8 оптик зичлик интервалида ишлаш лозим.

Ўлчашни бошлаш олдидан ёритгични тўғри ўрнатилганлигига ишонч ҳосил қилиш керак. Бунинг учун кюветалар қошидаги линзалар олдига (расм 2.44) папирос қоғози жойлаштирилади. Ёритгич тўғри ўрнатилганида папирос қоғозида спирал толани аниқ тасвири кузатилади. Ўлчашлар бошлангунга қадар гальванометр стрелкасини нол ҳолати ва электрик нол текширилиши керак. Гальванометрни нол ҳолати асбобни ташқи деворида жойлашган дастак ёрдамида амалга оширилади. Электрик нол фотоэлементлар 20 мин давомида ёритилгандан кейин ўрнатилади. Текшириш пайтида ёруғлик дасталари тўсилади, гальванометр сезгирлиги иккинчи ҳолатга ўрнатилади ва асбобни ўнг деворида жойлашган

потенциометр дастагини бурай туриб гальванометр стрелкасини нол ҳолатига силжитилиши таъминланади.



Расм 2.44. Ёритгич спирал толасини линзадаги тасвири

Асбобда ўлчашни 2 та усул ёрдамида амалга ошириш мумкин. Биринчи усул иккинчисига нисбатан кенг диапазонда ва паст аниқликда ўлчаш олиб борилишини таъминлайди.

Биринчи ўлчаш усули

1. Ўнг ёруғлик оқимига тадқиқот этилаётган эритма кюветаси ва чап ёруғлик оқимига эса эритувчи солинган кювета жойлаштирилади.
2. Чап барабандаги фотометрик клинлар ёрдамида гальванометр кўрсаткичлари нолга келтирилади.
3. Ўнг ёруғлик оқимига эритувчи солинган кювета жойлаштирилади.
4. Ўлчов барабанларини айлантириш орқали гальванометр стрелкаси яна нолга келтирилади.
5. Оптик зичлик катталиги чап барабан бўйича қайд қилинади.

Иккинчи ўлчаш усули

1. Икала ёруғлик оқимига эритувчи солинган кювета жойлаштирилади.
2. Фотометрик клинлар ёрдамида гальванометр стрелкаси нолга келтирилади.
3. Ўнг ёруғлик оқимига тадқиқот этилаётган эритма солинган кювета жойлаштирилади.
4. Ўлчов барабанларини айлантириш орқали гальванометр стрелкаси нолга келтирилади.
5. Ўлчаш натижаси ўнг барабан бўйича қайд қилинади.

Ушбу турдаги фотоколориметрда эритмадаги модда концентрациясини аниқлаш учун юқорида кўрсатилган тартибда даражаланган эгри чизик тузилиш керак ва у бўйича концентрация аниқланиши керак.

2.5. Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишни спектрал усуллари

2.5.1. Абсорбцион спектроскопия

Замонавий физико-кимёвий таҳлил усуллари ўртасида спектроскопия кенг тарқалмоқдаки, у маҳсулотни муҳим хусусиятлари ҳақида энг тўлиқ маълумот олинишини таъминлайди.

Спектрал таҳлил турли органик бирикмалари, шунингдек концентрацияси 10^{-2} - 10^{-4} мол бўлган минерал элементларни аниқлашда фойдаланилади.

Спектроскопияни шартли равишда эмиссион ва абсорбционга бўлиш мумкин.

Эмиссион спектроскопия моддаларни нурланиш хусусиятларини тадқиқот қилади. Энергия чиқарилиши атомларни дастлабки термик ёки энергетик кўзғатилиши билан боғлиқ бўлиб, бунда энергия ютилганда электронлар асосий даражадан яна юқори энергетик даражага ўтишади.

Абсорбцион спектроскопия моддаларни ютувчанлик хусусиятларини тадқиқот қилади. Бунда таҳлил этилаётган намуна маълум частоталар диапазонида эга бўлган электромагнит нурланиш манбаи ва спектрофотометр ўртасида жойлаштирилади. Спектрометр намуна орқали ўтган ёруғлик интенсивлигини берилган тўлқин узунлигидаги бошланғич нурланиш манбаи билан таққослаб ўлчайди.

Озиқ-овқат маҳсулотлари хусусиятларини тадқиқот этишда шиша оптикали кўринадиган (200-400 нм), кварц оптикали ультрабинафша (400-900 нм) ва инфрақизил (2-15 мкм) соҳалар катта аҳамиятга эга.

Нурланишни моддалар билан ўзаро таъсир механизми турли соҳаларда ўзаро фарқланиб туришига қарамасдан, ҳамма ҳолларда молекулалар томонидан маълум миқдордаги энергия ютилиши рўй беради.

Ёруғлик ютилганда атом ёки молекула ички энергияси нормал E_0 даражадан янада юқори E_1 гача сакраб ошади. Ютилган энергия катталиги ёруғлик частотасига пропорционалдир.

$$E_1 - E_0 = h\nu,$$

бу ерда h – универсал Планк доимийлиги ($6,624 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек);

ν - тушаётган ёруғлик частотаси, Гц.

Частота ν ва тўлқин узунлиги λ қуйидаги муносабат билан боғланган

$$\nu = \frac{c}{\lambda},$$

бу ерда c – ёруғлик тезлиги ($2,998 \cdot 10^{10}$ см/сек).

Ҳар бир моддалар (молекула) гуруҳлари учун унчалик катта бўлмаган энергия билан фарқланиб турувчи тебранишли ва айланишли ҳолатлар хос бўлиб, шу сабабли молекулалар гуруҳи спектрни турли соҳаларида энергия ютиши ёки ажратиши мумкин. Аммо, турли молекулалардаги функционал гуруҳлар ҳамма вақт ҳам ўзаро мос келувчи тўлқин узунликларида ютилишлар бермайди. Бу ҳар бир гуруҳ моддаларини ютилиш тўлқин узунликлари ўтиш энергияси белгиланиши билан тушунтирилади ва турли молекулалардаги электрон ўтишлар улар атрофидагиларни бир хил қимматли эмаслиги сабаблиги энергетик характеристикалари бўйича фарқланади. Кўринадиган ва ультрабинафша соҳалардаги ютилишлар электронларни кўзгалиши билан боғлиқ, шунинг учун уларни спектрлари молекулалар тузилиши ҳақида чегараланган маълумот беради. Инфрақизил соҳадаги

ютилиш молекуляр тебранишлар билан боғлиқ бўлиб, уларга мос келувчи спектрлар бирикмаларни тузилиши ҳақида кўп маълумотга эга.

Спектрофотометрлар намуналар ёруғлик ютувчанлигини спектрал таркиби бўйича тор ёруғлик дасталарида (монохроматик ёруғлик) ўлчаш имконини яратади. Спектрофотометрлар оқ ёруғликни узлуксиз спектрга ажратиш, бу спектрдан монохроматик (ажратиладиган спектр тасмаси кенглиги 1-20 нм) деб ҳисоблаш мумкин бўлган тор тўлқин узунликлардаги ёруғлик дастасини ажратиб олиш, изоляция қилинган ёруғлик дастасини таҳлил этилаётган эритма орқали ўтказиш ва бу даста интенсивлигини юқори аниқлик билан ўлчаш имконини беради. Эритмада бўялган модда томонидан ёруғликни ютилиши уни нол эритма ютилиши билан таққослаб ўлчанади. Фотоэлектрик спектрофотометрларда иккита асосий асбоб мавжуд. Булар монохроматик ёруғлик оқимини олиш учун мўлжалланган монохроматор ва ёруғлик интенсивлигини ўлчашга мўлжалланган фотоэлектрик фотометр ҳисобланади.

Монохроматор ёруғлик манбаи, оқ ёруғликни спектрга ажратувчи диспергирлаш қурилмаси ва эритмага берилаётган ёруғлик дастаси тўлқин узунликлари интервал катталигини ростлайдиган қурилмадан иборат.

Ёруғлик манбаи сифатида вольфрам ипли чўғланиш лампаси фойдаланиладики, уни нурланиш тўлқин узунликлари 350-2000 нм ни ташкил қилади. Бу ёруғлик манбаи кўпгина аналитик мақсадларда яроқли чунки спектрни яқин ултрабинафша, кўринадиган, шунингдек, яқин инфрақизил соҳаларида ўлчашни амалга ошириш имконини беради. Спектрни 210-400 нм бўлган ултрабинафша соҳаларидаги ўлчашлар учун разрядли водород (ёки дейтерийли) лампалардан фойдаланилади. Ёруғлик манбаини барча спектрал соҳаларда узлуксиз спектр бериши муҳим бўлиб, бу ҳолда диспергирлаш қурилмаси ёрдамида спектрни хоҳлаган қисмини ажратиб олиш мумкин бўлади.

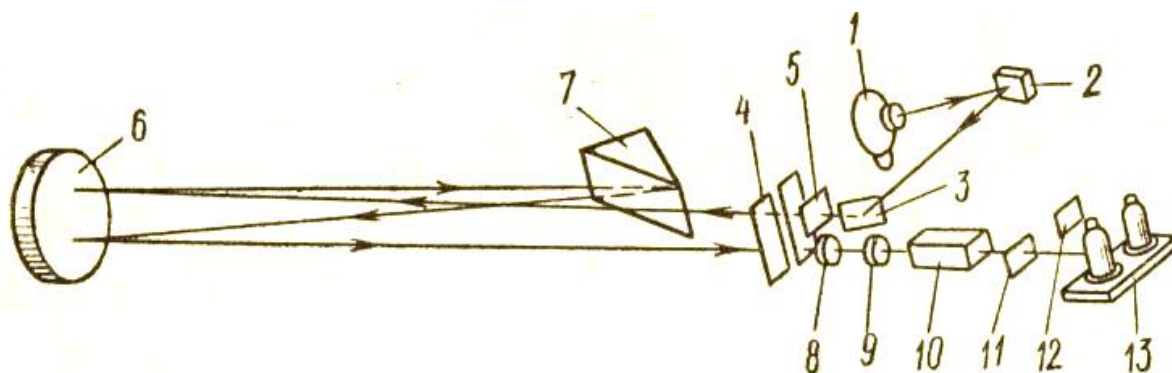
Ёруғликни спектрга ажратиш учун шишали ва кварцли призмалар, шунингдек дифракцион панжаралар ишлатилади. Призмалар юқори

дисперсия ва катта ёруғлик кучига эга. Кварцли призмалар спектрни ультрабинафша соҳаларида ишлаш имконини беради.

Спектрофотометрни муҳим қисми тириқиш ҳисобланиб, унинг ёрдамида ёруғлик оқими интенсивлигини ростлаш мумкин. У қанчалик кичик очилган бўлса, у орқали шунча кам ёруғлик ўтади ва тириқиш ўтказаетган ёруғлик дастаси тўлқин узунликлари интервали шунча тор бўлади.

Фотоэлектрик фотометр фотоэлементлар, ўзгармас ток кучайтиргичи ва шкаласи оптик зичлик ва ёруғлик ўтказувчанлик фоизларида даражаланган компенсация қурилмасидан (потенциометр) иборат.

Спектрофотометрик ишлари учун энг аниқ ва сезгир оптик асбоб, кварцли спектрофотометр СФ-4 ҳисобланиб, у эритмалар ва қаттиқ моддалар ютилиш спектрларини 220-1100 нм тўлқин узунликлардаги диапазонда тушириш имконини беради. Асбобни оптик схемаси расм 2.45 да тасвирланган.



Расм 2.45. Спектрофотометр СФ-4 нинг оптик схемаси:

1-ёруғлик манбаи; 2-конденсор; 3-кўзгу; 4-тириқиш; 5-кварцли пластинка; 6-объектив; 7-призма; 8-линза; 9-светофильтр; 10-кювета; 11-кварцли шлиша; 12-пардача; 13-фотоэлементлар.

Ёруғлик 1 манбадан (чўғланиш лампаси ёки разрядли водород лампаси) кўзгули конденсор 2 ва текис кўзгу 3 билан тириқишни кириш қисмига йўналтирилади. Тириқиш кўзгули объектив 4 ни фокусда жойлашган бўлиб, кварцли пластина 5 билан ҳимояланган. Тириқишдан ўтган ёруғлик кўзгули

боектив 6 га тушади ва кварцли призма 7 га йўналтирилади. Призма ок ёруғлик дастасини спектрга ажратади, призма томонларини бири кумуш билан қопланганлиги сабабли уни яна объект 6 га йўналтиради. Объектив призмани минимал четланиш ҳолатига тўғри келувчи нурларни монохроматор 4 ни чиқиш тириқишида тўплайди. Кўзгу 6 айлантирилганда чиқиш тириқишига турли тўлқин узунликдаги нурлар йўналтирилади. Монохроматик ёруғлик дастаси кварцли линза 8, сочилган нурларни қисман ютувчи светофильтр 9 ни ўтиб кювета 10 га келиб тушади. Кювета орқали ўтган ёруғлик, пардача 12 ни очик ҳолатида, кварцли пластина 11 орқали алмаштириладиган фотоэлемент 13 катодига келиб тушади. Бунда ҳосил бўлган фототок юклама қаршилигида катталиги фотоэлементга келиб тушаётган ёруғлик энергиясига пропорционал бўлган кучланиш тушишини яратади. Фототокни бевосита ўлчаш имкони йўқлиги туфайли, у кучайтирилади. Потенциални компенсациялаш учун санок потенциометридан катталиги бўйича тенг, ишораси бўйича юклама қаршилигидаги кучланиш тушушига тескари бўлган потенциал кучайтиргич киришига берилади. Кучайтиргич чиқишидаги компенсация кўрсатувчиси шартли «0» белгисига эга бўлган миллиамперметр ҳисобланади.

200 дан 1100 нм гача бўлган барча диапазондаги оптимал спектрал интервалларни таъминлаш учун асбоб сурма–цезийли ва кислород–цезийли фотоэлементлар билан таъминланган. Сурма-цезийли фотоэлемент 220-650 нм спектр соҳаларида, кислород–цезийли фотоэлемент эса 600-1100 нм спектр соҳаларида ишлаш учун фойдаланилади.

Спектрофотометр СФ–4А ни асосий характеристикалари СФ–4 га монанд бўлиб, уни электр токи билан таъминлаш тўлиқ тармоқдан амалга оширилади. Спектрофотометр СФ-5 ни юқоридаги асбоблардан фарқи шундаки, диспергирлаш призмаси кварцдан эмас, балки, махсус ТФ-1 оптик шишадан тайёрланган. Шиша бир мунча даражада ультрабинафша нурларни ютиши сабабли, эритмаларни ёруғлик ўтказувчанлигини ўлчаш СФ-5 да 380 дан 1100 нм гача бўлган спектр соҳаларида амалга ошириш мумкин.

СФ-2М ва СФ-10 спектрофотометрлари ўлчаш натижаларини автоматик қайд қилувчи асбоблар ҳисобланади. Асбоблар ўзиёзар қурилма билан таъминланган бўлиб, уларни пероси махсус бланкаларда оптик зичлик қийматларини қайд қилади.

Оптик спектрлар соҳасидаги ютилиш спектроскопияси асосида ютилиш катталиги ва ютувчи модда миқдори ўртасидаги муносабатларни ўрнатувчи умумий қонунлар (98 бетга қаралсин) ётади.

Спектроскопияни асосий қонуни ҳисобланмиш Бугер-Ламберт-Бер қонунидаги коэффициент концентрация молларда, қатлам қалинлиги сантиметрда ифодаланганида моляр ютилиш коэффициенти деб номланиши таъкидланган эди. Бу доимий катталик тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигига, эритма ҳароратига, эриган модда табиатига боғлиқ бўлиб, таҳлил этилаётган модда моляр эритмасини бир сантиметр қанликликка эга бўлган кюветадаги ёруғлик ютувчанлигига мос келади. Коэффициент максимал ютилишга мос келувчи тўлқин узунлигида энг катта қийматга эга бўлади. Шунинг учун миқдорий спектрал таҳлилни энг юқори аниқлик ва сезгирлик билан ўтказишда оптик зичликни ўлчаш ёруғликни ютилиши максимал бўлган спектр соҳаларида амалга оширилиши мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Моляр ютилиши коэффициенти берилган тўлқин узунлигидаги ёруғликни ўтишида модда концентрациясига боғлиқ эмас. Моляр ютилиш коэффициенти қиймати турли бирикмалар учун кенг чегараларда ўзгаради. Моляр ютилиш коэффициенти спектрал таҳлилни сезгирлик ўлчови ҳисобланади. Коэффициент қиймати қанчалик катта бўлса, аниқлаш сезгирлиги ҳам шунчалик юқори бўлади. Шунинг учун тўлқин узунлигини тўғри танлаш тўғридан-тўғри сезгирликни белгилайди ва қуйидаги тенглама бўйича ҳисобланади

$$C_{\text{мин}} = \frac{D_{\text{мин}}}{E_{\text{макс}} \cdot \ell_{\text{макс}}}.$$

Фотометрлаш учун спектр участкасини тўғри танлаш спектрал таҳлилда муҳим аҳамиятга эга. Ютилиш эгри чизиги шакли турли характерга эга бўлиши мумкин. Баъзи моддалар аниқ максимум ва минимумларсиз узлуксиз ютилишлар беради. Бу ҳолда ютилиш коэффициенти тўлқин узунлигига деярли боғлиқ бўлмайди. Кўпгина органик бирикмалар аниқ максимум ва минимум зоналарига эга бўлган танланма ютилишга эга. Спектр шакли молекулалар таркиби ва атомларни органик молекулалардаги боғланиш характери (оддий, қўш, уч боғлар) билан белгиланади. Бу боғлар электронлари турли энергияга эга ва турли тўлқин узунликдаги нурланишлар билан қўзғатилади. 200-800 нм соҳаларда ютилишни келтириб чиқарувчи гуруҳлар *хромофор* гуруҳлар деб номланади ва улар биттадан кам бўлмаган каррали боғларга ($C=C$, $C\equiv C$, $C=O$, $C\equiv N$, $N=O$, $N=N$, $C=S$, $S=O$, SO_2 , NO_2 ва бошқалар) эга. Каррали боғларни қўзғатиш энергияси оддий боғларни қўзғатиш энергиясига нисбатан анча кичик. Ютилиш спектрларни характери таҳлил этилаётган бирикмада ана шундай каррали боғларни мавжуд бўлиши билан белгиланади. Молекулада қўш боғларни тўпланиши спектрни узун тўлқин томонга силжитиши (ҳар бир қўш боғ ютилиш спектрини тахминан 30 нм силжитади) маълум.

Кўринадиган ва ультрабинафша соҳаларда таҳлиллар олиб боришда кучли суюлтирилган эритмалар билан иш олиб бориладики, уларда эритувчи хусусиятларини ҳисобга олмаслик мумкин эмас. Эритувчиларга қуйидаги талаблар қўйилади: эритувчилар тадқиқот этиладиган бирикмаларни ютилиш соҳаларида ўз ютилиши тасмаларига эга бўлмаслиги керак; бирикмани максимум ютилишини силжитмаслиги лозим; ишлашда чидамли бўлиши ва осон тозаланиши керак.

200 нм дан юқори углеводородлар, сув, спирт, эфирлар тшлатилиши мумкин.

Абсорбцион спектроскопия озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда кенг қўлланилади: маҳсулотлардаги ёғларни оксидланганлик даражасини аниқлаш; пектин моддаларни аниқлаш; ўсимлик

маҳсулотларидаги фенол бирикмаларини аниқлаш; чой, какао, қаҳвада кофеинни аниқлаш; гўшда қайтарилган, оксидланган ва гидрооксидланган миоглобин шаклини аниқлаш. Спектрофотометрик усул озиқ-овқат маҳсулотларидаги оғир металлларни аниқлашда ҳам фойдаланилади. Аммо, усул таҳлилни узоқ давом этиши, кўп сонли операцияларни ўтказилиши, фойдаланиладиган реактивларни кўп миқдордалиги билан фаркланиб туради. Юқорида санаб ўтилган таҳлил усуллари маҳсулотларда аниқланиши назарда тутилган бирикмаларни (ёғларни иккиламчи оксидланиш маҳсулотлари, пектин моддалари, феноллар) бошқа кимёвий бирикмалар билан бўялган кимёвий бирикмалар ҳосил қилишига асосланган. Ўлчаш натижалари кўп ҳолларда бўялган бирикмалар эритмаларини нисбий оптик зичлик бирликларида ифодаланади. Баъзи таҳлил усулларида моддалар миқдори олдиндан тузилган даражаланган график асосида ҳисобланади.

2.5.2. Инфрақизил спектроскопия

Инфрақизил (ИҚ) спектроскопия озиқ-овқат маҳсулотларини миқдорий ва сифатий таҳлилини янги физикавий усули ҳисобланади. Бу усул органик моддаларни тузилиши ва таркиби ҳақида етарлича тўлиқ информация олинишига имкон беради. ИҚ нурланиш сут маҳсулотларини ёғ-кислотали таркибини тадқиқот этишда фойдаланилади, турли озиқ-овқат маҳсулотларидаги пестицидларни аниқлашда, озиқавий бўёқларни таҳлил этишда, шунингдек ўсимлик ва ҳайвон хом-ашёси қайта ишлови технологик жараёнларини назорат қилишда кенг қўлланилади.

Органик бирикмаларни ИҚ спектри моддани энг тўлиқ физик хусусиятлари ҳисобланади. ИҚ спектр эриш ҳарорати, синдириш кўрсаткичи ёки зичликка нисбатан моддани аниқ тавсифлайди.

ИҚ нурланиш соҳаси спектрни кўринадиган қисмидан кейин жойлашган бўлиб, 0,8-2,5 мкм диапазондаги **яқин, ўрта** (2,5-25 мкм) ва **узоқга** (25 мкм дан катта) бўлинади.

Ёруғликни ютилишини ҳамма соҳалари учун катта тўлқин узунлигига катта энергия мос келади. ИҚ спектроскопия ҳам нурланишни ютилишига асосланган. Ютилиш спектрлари тадқиқот қилинаётган моддани тузилиши билан боғланган. Модда молекуласини маълум энергетик ҳолатларда жойлашган тегишли атомлар тизими сифатида қараш мумкин. Молекула унга тушаётган нурланиш спектридан фақат уни энергетик ҳолатини ўзгартира оладиган узунликдаги тўлқинларни ютади. Молекула томонидан олинган энергия атомларни электрон ҳолатини ўзгартириш (бунда спектр ультрабинафша ва кўринадиган соҳаларга тегишли бўлади) ёки айланма ва тебранишли энергиясини ўзгартиришга сарфланиши мумкин. Молекулаларни тебранма энергияси, икки турдаги тебранишлар: валентли ва деформацион билан белгиланади. **Валентли** тебранишларда икки атом ўртасидаги масофа камайиши ёки катталаниши мумкин, аммо атомлар валентлик боғлари ўқларида сақланаверади. **Деформацион** тебранишларда атомлар валент боғлари ўқидан четланади. Деформацион тебранишлар энергияси валент тебранишлар энергиясига нисбатан анча кичик бўлиб, шу сабабли деформацион тебранишлар валентлиларга нисбатан катта узунликдаги тўлқинларда кузатилади.

Алоҳида функционал гуруҳларни тебранишлари ИҚ спектрни ўта маълум соҳаларида ютилишини юзага келтиради. Бундай атомлар гуруҳлари ёки боғларга эга бўлган турли молекулаларни ютилиш спектрларида бир неча бир хил чизиқлар мавжуд бўладикки, уларни ютилиш частоталари *характеристик* деб номланади. Бундай *характеристик* чизиқларни мавжудлиги спектр бўйича молекулада турли гуруҳларни мавжудлигини аниқлаш ва улар тузилишини белгилашга имкон беради.

Характеристик частоталарни аниқлаш ИҚ спектроскопияни асосини ташкил қилади. Ҳозирги вақтда, тўлқин сони ва тўлқин узунлиги бўйича бош чизиқлар жойлашган *характеристик* частоталар ва диаграммаларни қатор жадваллари мавжуд.

Моддаларни ИҚ спектрлари тадқиқот қилинаётган намуна физикавий ҳолатига, бирикмалар концентрациясига боғлиқ. Мураккаб органик моддаларни тоза суюқликларни юпқа қатлами кўринишида, эритилган маҳсулотни пластиналар ўртасида совутилгандан кейин юпқа плёнка кўринишида, намунани суюқлик билан эзгандан кейин паста кўринишида ва ишқорий металл галогенидлари аралшмаси билан прессланган таблетка кўринишида тадқиқот қилиш мумкин.

Органик бирикмалар ИҚ спектрларини ўрганишда иккита характеристик соҳалар ажратилади: $800-1400\text{ см}^{-1}$ соҳаси ва $800-1400\text{ см}^{-1}$ чегарасидан ташқари соҳа. $800-1400\text{ см}^{-1}$ соҳаларда $C-C$, $C-N$, $N-O$, $C-O$ валент боғлари ва $N-H$, $O-H$, $C-H$ деформацион боғлари намоён бўлади. Бу соҳада молекула тузилишидаги унчалик катта бўлмаган ўзгаришлар спектрни сезиларли ўзгаришларини келтириб чиқаради. $800-1400\text{ см}^{-1}$ соҳа чегарасидан ташқари органик бирикмалар спектрлари алоҳида боғлар ва атомлар гуруҳларига мос келувчи чизиқларга (характеристик) эга бўлади. Бундай гуруҳларни тебранишлари улар кирган молекулалар таркибига боғлиқ бўлмайди. Айнан тебранишли спектрлар намоён бўлган бундай соҳа озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда энг кўп қўлланилади. Бирикмаларни, улар спектрларини маълум модда спектри билан таққослаб идентификация қилишни асосий гуруҳ органик бирикмалари учун характеристик ИҚ спектрлари чизиқлари мавжуд бўлганда амалга ошириш мумкин. Шунинг учун озиқ-овқат маҳсулотларини ИҚ спектроскопия усули билан тадқиқот этишда функционал гуруҳлар ютилишларини асосий аналитик чизиқлари кўрсатилган маълумотномалар билан ишлаш керак бўлади. ИҚ спектроскопия усулини озиқ-овқат маҳсулотларидаги витаминларни (А, К, К₁, К₂, В₁, В₂, В₆, С, никотин кислотаси, токофероллар ва каротин) аниқлашда ҳам қўллаш мумкин. ИҚ спектроскопияни хроматографик усули билан биргаликда қўллаш ароматик моддалар ва қатор органик бирикмаларни тадқиқот этишда фойдаланилиши мумкин.

2.5.3. Атом-абсорбцион спектроскопия

Минерал элементларни физиологик аҳамияти, уларни ферментатив жараёнларга каталитик таъсири борасидаги билимларни кенгайтириши алоҳида минерал элементларни, жумладан микроэлементларни миқдорий аниқлашнинг аналитик усуллари ишлаб чиқиш ва фойдаланишга эҳтиёж туғдирди.

Кўпгина кимёвий усуллар катта намуналар билан иш кўради ва кўп вақт сарфини талаб қилади. Фотоколориметрик усуллар ва комплексометрия ҳам ўзини сезгирлиги, аниқлиги ва таҳлил ўтказиш тезлиги бўйича талабларга жавоб бермайди.

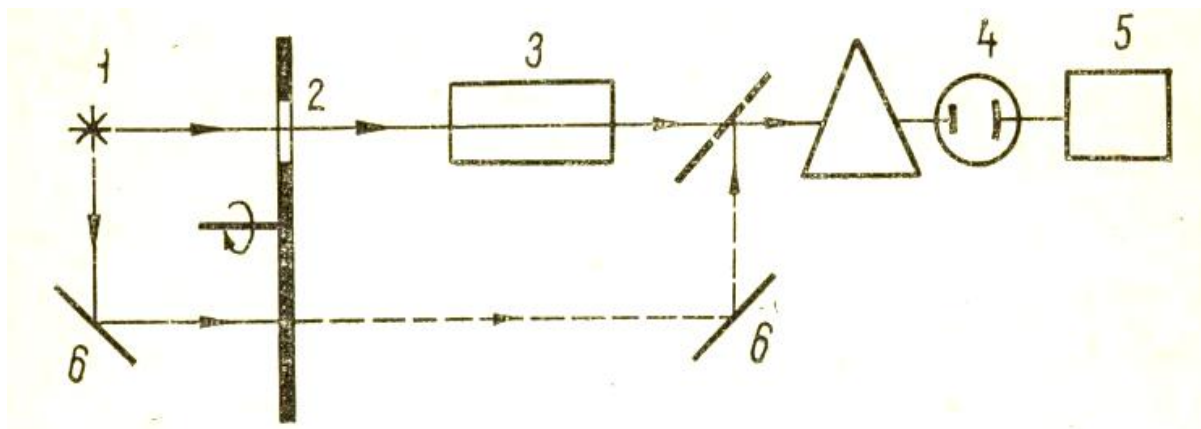
Бу талабларга спектрал усуллар, хусусан кенг тарқалган атом абсорбцион спектроскопия энг тўлиқ жавоб беради. Ҳозирда атом тизимларида рўй берадиган нурланиш ва ютилиш жараёнларини боғлиқлиги ва физикавий моҳияти аниқланган. Квант назариясига мувофиқ E_i ва E_k энергияга эга бўлган i ва k стационар даражалар ўртасида уч кўринишдаги ўтишлар кузатилади:

- спонтан равишда кўзгалган даражадан паст энергетик ҳолатга **нурланишли ўтиш** ($k \rightarrow i$);
- частотаси ν_{ki} бўлган ташқи нурланиш таъсирида мажбурий рўй берадиган қуйидан юқори энергетик ҳолатга **ютилишли ўтиш** ($i \rightarrow k$);
- чиқарилган нур частотасига мос частотага эга бўлган нурланиш таъсирида мажбурий (индуциравий) рўй берадиган **нурланишли ўтиш** ($k \rightarrow i$).

Узоқ йиллар давомида аналитик кимёда фақат спонтан нурланишли ўтишдан фойдаланиб келинди.

Атом абсорбцион спектроскопияда ютилишли жараён фойдаланиладики, бунда атом томонидан энергия ютилиши асосий даражада рўй беради. Атом абсорбциясини қайд этишнинг оқилона усули 1955 йили

Уолш томонидан таклиф қилинган ва таҳлил ўтказиш қурилма схемаси тавсия этилган. Бундай оддий қурилма схемаси расм 2.46 да кел тирилган.



Расм 2.46. Икки нурли атом-абсорбцион спектрофотометр схемаси:

1-ёруғлик манбаи; 2-узгич диски; 3-аланга; 4-фотоэлектрик ёруғлик қабул қилгичи; 5-қайд қилиш электрон схемаси; 6-кўзгу.

Таҳлил этилаётган эритма аэрозол кўринишида горелка алангасига пуркагич ёрдамида киритилади. Алангали фотометрияда фойдаланиладиган элементни алангадаги нурланиши эмас, балки атомлар томонидан стандарт нурланиш манбаидан ютилиши ўлчанади. Бунинг учун ютувчи буғ қатлами тадқиқот этилаётган элемент ютилиш чизиқларига мос келувчи тўлқин узунлиқдаги монохроматик ёруғлик дастаси билан ёритилади. Намуна алангада атом буғларини ҳосил қилади. Аниқланаётган элемент атомлари тушаётган ёруғликни улар концентрациясига тўғри пропорционал тарзда ютади.

Ёруғлик манбаи сифатида паст босимли газоразряд лампалари таклиф этилган бўлиб, улар аниқланаётган элементни ингичка резонанс чизиғини беради. Спектрал қисм ўлчанаётган элемент ютаётган тўлқин узунлигини ажратиш учун мўлжалланган призма ва дифракцион панжарага эга. Ёруғлик сигнали фотоқўпайтиргичга келиб тушади ва галвонометрга берилади.

Сигнал спектрофотометрдан автоматик санаш қурилмасига келиб тушади, у эса натижаларни ютилиш ёки оптик зичлик бирликларида концентрацияни рақамли визуал қайд қилгичга беради. Сигнал ўзиёзар патенциометр томонидан қабул қилиниши мумкин.

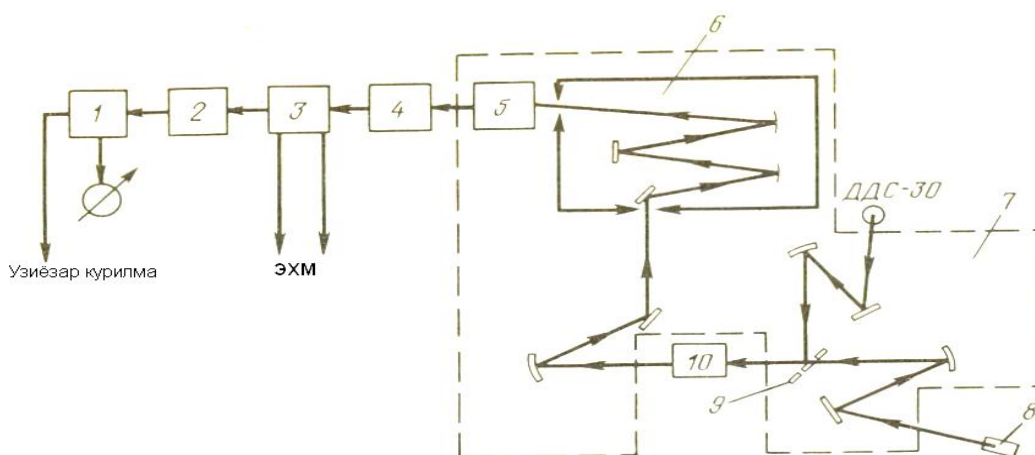
Атом абсорбцион спектроскопияни устунлиги шундаки, алангада аниқланаётган элементни яққол намоён бўлган резонанс чизиқли оддий спектри олинади. Бу эса турли элементлар резонанс чизиқларини бир-бирини қоплаб кетиши олдини олади ва тадқиқот этилаётган маҳсулот компонентлари ўзаро таъсирини камайтиради. Бундан ташқари, абсорбцион таҳлилда таҳлил шароитларини, хусусан аланга ҳароратини камайтирилган.

Озиқ-овқат маҳсулотларини суяқ намуналаридаги элементлар концентрациясини суяқ намуналарда аниқлаш учун С-115 атом абсорбцион спектрофотометри кенг ишлатилади. Унинг иши маълум элемент атомлари томонидан ёруғликни ютилиши ҳодисасига асосланган. Спектрофотометр куйидаги икки асосий режимларни бирида ишлайди:

- атом абсорбцион таҳлил режимида ёруғлик резонанс нурланиш манбаида атом буғлари қатлаидан ўтади ва улар томонидан ютилади;

- эмиссион таҳлил, бунда нурланиш манбаи намуна атом буғлари ҳисобланиб, улар пуркалиш давомида алангада қўзғатилади ва улардан ёруғлик оқими нурланади.

Охирги режимида концентрация ўлчови спектрал чизиғини интенсивлиги ҳисобланади. Асбобни функционал схемаси расм 2.47 да келтирилган.



Расм 2.47. С-115 спектрофотометрини функционал схемаси:

1-ўзгартиргич; 2-логарифматор; 3-ажратувчи кучайтиргич; 4-дастлабки кучайтиргич; 5-фото қабул қилгич; 6-монохроматор; 7-оптик блок; 8-спектрал лампа; 9-кўзгу; 10-амортизатор.

Асбобни спектрал диапазоли 190-860 нм. Йўл қўйиладиган хатолиги $\pm 0,5$ нм гача. Таъминлаш манбаи 220 В, 50 Гц электр тармоғидан амалга оширилади, асбобни истеъмол қуввати эса 0,35 кВт·А гача. Асбобни ўлчамлари 1010x500x710 мм, оғирлиги 140 кг.

Чет эл спектрофотометрларидан ультрабинафша ва кўринадиган ёруғликда тадқиқотлаш учун «Вестман» фирмасини (Австрия) микрокомпьютерли ДУ асбоби ишлатилади. Асбобни спектрал диапазоли 140-900 нм, ўлчамлари 1150x670x470 мм. Спектрни инфрақизил соҳасида тадқиқотлаш учун «Вестман» фирмасини ФТ сериядаги спектрофотометрлари ва СПЭН сериядаги атом абсорбцион спектрофотометрларидан фойдаланиш мумкин. 360, 370, 400 моделдаги атом абсорбцион спектрофотометрлар «Perkin-Elmer» фирмаси (Англия) томонидан ишлаб чиқарилади ва 190-870 нм спектрал диапазонга эга.

Кўпгина озиқ-овқат маҳсулотларини таҳлил қилиш учун уларни дастлабки куруқ ёки нам усулларда куллантириш зарур бўлади. Бу усуллар ўзини афвзалликлари ва камчиликларига эга. Нам куллантиришда намунани кўйдириш учун ишлатиладиган кислота билан таҳлил этилаётган эритмага кўшимча микдорда минерал элементлар киртиладики, улар микдорий натижаларга таъсир қилади. Шунинг учун кўпгина озиқ-овқат маҳсулотлари учун эҳтиёткорлик билан ўтказиладиган куруқ куллантиришни қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Намуналарни таҳлилга тайёрлашда микроэлементлар органик эритувчилар ёрдамида экстракция қилинади. Органик эритувчиларни микроэлементлар концентрацияси оптимал чегарадан паст бўлганда ҳам қўллаш мумкин. Бундан ташқари, органик эритувчилар сувли эритмаларга нисбатан атом абсорбцион усул сезгирлигини оширади. Шунинг учун даражаланган графикларни тузишда эталон эритмалар органик эритувчиларда тайёрланиши керак.

Намуналарни таҳлилга тайёрлашда аниқланаётган элементлар концентрациясидан келиб чиққан ҳолда маҳсулот намунаси микдорини

аниқлаш зарур бўлади. Оптимал концентрацияларни ҳисоблаш учун ҳар бир элемент учун «сезгирлик» атамаси ишлатилади. Бу атама 1 % ютилиш яратадиган сувли эритмадаги элемент концентрациясини кўрсатади ва $\frac{\text{мкг}}{\text{мл}}$ да ифодаланади. Озиқ-овқат маҳсулотларидаги кенг тарқалган элементларни аниқлаш сезгирлиги ўзгариб туради ва бу таҳлил ўтказиш шароитига боғлиқ (2.4-жадвал).

Атом абсорбцияси озиқ-овқат маҳсулотларидаги кўп сонли металлларни аниқлаш учун фойдаланиши мумкин, аммо бу элементларни тадқиқот қилинаётган эритмалардаги концентрацияси $1 \frac{\text{мкг}}{\text{мл}}$ атрофида бўлиши лозим. Бу элементларга жадвал 2.4 да кўрсатилганлардан ташқари кобальт, никел, кўрғошин, калай, хром, стронций, кадмий ва бошқалар ҳам тегишли.

2.4-жадвал

Асосий минерл элементларни аниқлашдаги сезгирлик

Элементларни номи	Тўлқин узунлиги, λ	Оптимал иш чегаралари, $\frac{\text{мкг}}{\text{мл}}$	1 % абсорбцияга тўғри келадиган асбоб сезгирлиги	Аниқлаш чегаралари, $\frac{\text{мкг}}{\text{мл}}$
К	7665	1-10	0,1	0,005
Na	5890	0,3-3	0,04	0,005
Ca	4227	1-10	0,1	0,01
Mg	2852	0,2-2	0,01	0,003
Fe	2483	2-20	0,15	0,02
Cu	3247	2-20	0,15	0,01
Mn	2795	2-20	0,1	0,005
Zn	2138	0,2-3	0,04	0,005

Турли маҳсулотлар учун таҳлил этиш методикаси бир хил бўлиб, резонанс чизиғини танлаш, эритмаларни горелка алангасига киритиш ва

асбоб кўрсатишларини тушириш каби босқичларни камраб олади. Фарқли томонлар намуналарни тадқиқотга тайёрлаш ҳисобланади.

2.5.4. Масс-спектроскопия

Масс-спектроскопия органик моддаларни замонавий физик-тадқиқот этиш усули ҳисобланади.

Масс-спектрни олиш учун жуда сийраклаштирилган буғ (босим $10^{-5} - 10^{-7}$ мм) кўринишдаги моддага энергияси 50-100 эВ бўлган электронлар оқими таъсир эттирилади. Бу ҳолда бошланғич модда (молекуляр ионлар) массасига тенг бўлган мусбат зарядланган ионлар, электрон куч таъсирида молекуляр ионларни парчаланиши туфайли ҳосил бўлган парчаланган ионлар, шунингдек қайта гуруҳланган ионлар, манфий ионлар ва зарядланмаган парчалар ҳосил бўлади. Мусбат зарядланган ионлар оқими бир неча минг вольт патенциал ёрдамида тезлаштирилади ва тирқиш орқали магнит майдонига йўналтирилади. Бу ерда улар ион массасини уни зарядига нисбати (m/e) билан белгиланадиган радиус бўйича ёйилади. Бу радиус бўйича ҳаракатланаётган ионлар чиқиш тирқишига келиб тушади ва детектор потенциалини ўзгариши бўйича (қанча кўп ионлар келиб тушса, потенциал шунчалик кучли ўзгаради ва спектр чўққиси шунчалик интенсив бўлади) қайд қилинади. Майдон кучланишини ёки тезлаштирувчи кучланиш катталигини ўзгартириш йўли билан турли m/e нисбатда пайдо бўлаётган барча ионлар фиксация қилинади. Масс-спектр ҳар бир бирикма учун хос бўлади.

Масс-спектр ёрдамида номаълум моддалар тузилишини, молекуляр массасини аниқлаш, тадқиқот қилинаётган моддани маълум моддага кўра идентификация қилиш ёки маълум моддалар аралашмасини ҳар бир модда учун хос бўлган чўққилар интенсивлиги бўйича миқдорий таҳлил қилишни амалга ошириш мумкин.

2.5.5. Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот қилишнинг люминесцент усуллари

Бу усуллар моддаларни қўзғатувчи омиллар таъсирида ёруғлик нурлантириш қобилиятига асосланган.

Люминесценция, бу атом, ион, молекула ва бошқа мураккаб моддалар заррачаларини нурланиши бўлиб, бу уларни қўзғатилган ҳолатдан нормал ҳолатига қайтишида улардаги электронларни ўтиши натижасида рўй беради. Модда люминесценцияланиши учун унга маълум миқдорда ташқи энергия берилиши зарур. Модда заррачалари энергияни ютиб қўзғалган ҳолатга ўтишади ва бу ҳолатда маълум вақт давомида бўлишади. Кейин улар қўзғатилган энергияни маълум қисмини люминесценция квантлари сифатида бериб, тинч ҳолатига қайтади.

Ультрбинафша ва кўринадиган частоталар оптик диапазондаги ёруғлик нурлари таъсири остида пайдо бўладиган нурланиш **фотолюминесценция** деб номланади, у қўзғатилган даража кўриниши ва унда бўлиши вақтига кўра флюоресценция ва фосфоресценцияга бўлинади.

Флуоресценция – моддани мустақил нурланиш кўриниши бўлиб, у фақат нурлантириш вақтида давом этади. Агар қўзғатилиш манбаи ўчириб қўйилса нурланиш ҳам шу заҳоти тўхтади.

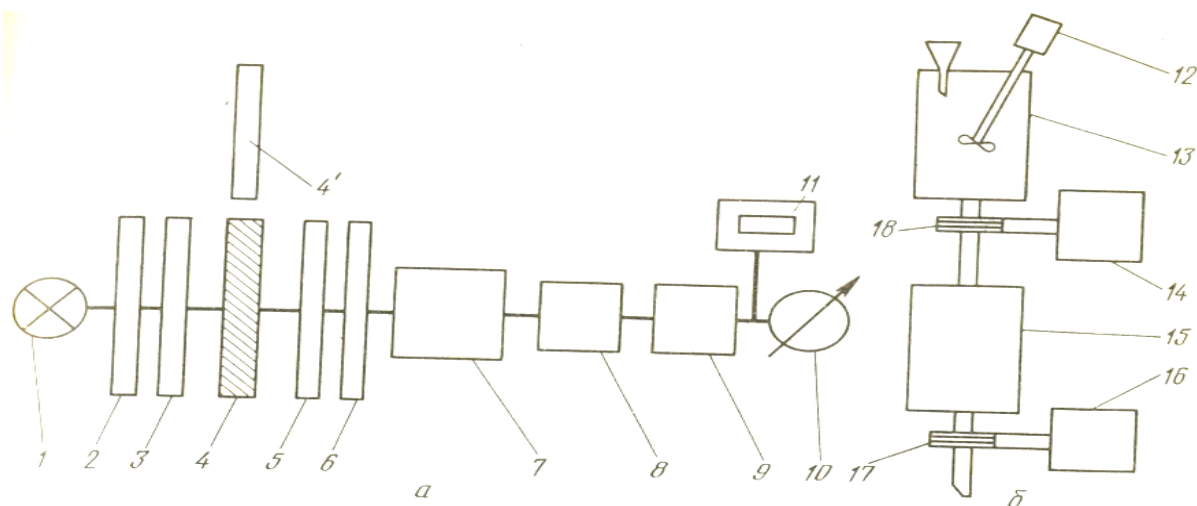
Фосфоресценция – моддани мустақил нурланиши бўлиб, у қўзғатувчи ёруғлик ўчириб қўйилгандан кейин давом этади.

Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда флуоресценция ҳодисаси қўлланилади.

Люминесцент таҳлил (ЛТ) ёрдамида тадқиқот қилинаётган намунада концентрацияси 10^{-11} г/г бўлган модда мавжудлигини аниқлаш мумкин. Сифатий ва миқдорий ЛТ озиқ-овқат маҳсулотларидаги баъзи витаминларни аниқлашда, сутдаги оксил ва ёғ миқдорини аниқлашда, гўшт ва балиқ янгилигини тадқиқот этишда, сабзавот, мевалар бузилишини диагностика қилишда ва овқатланиш маҳсулотларидаги консервантлар, дори

перепаратлари, концероген моддалар ва пестицидларни аниқлашда фойдаланилади.

Сутдаги ёғларни аниқлаш сут-ёғ фазасини флуорохромлаштириш йўли билан яратиладиган иккиламчи флуоресценцияга асосланган, чунки сут ёғи мустақил флуоресценцияга эга эмас. Буёқ сифатида фосфин-3 гидрохлоридни 0,05 % ли эритмаси ишлатиладики, у қайнаётган сувли ҳаммомда 1 минут давомида иситилганда ёғ шарчаларини танланма ва ҳажмий флуорохромлаштиради. Люминесценция интенсивлиги юпка қатламда (1 мм) аниқланади. Сут ва сут маҳсулотларидаги ёғни флуоросцент усулида аниқлашга мўлжалланган ФЖМ-8 флуорометр (расм 2.48) оптик электрон ўлчаш блоки ва маҳсулот намунасини флуорохромлаштириш қурилмасидан иборат. Флуорохромлаштириш қурилмаси аралаштириш қурилмасига эга бўлган иккита аралаштириш камераларидан иборат. Қурилманинг 13 камерасида тайёрланган маҳсулот, ишқор ва фосфин-3 гидрохлорид аралашмасини автоматик иситиш, 15 камерада эса уни 21 ± 1 гардусгача совитилиши амалга оширилади. Намунани флуорохромлаштириш асбобида ишлов бериш 60-95 сек давом этади.



Расм 2.48. ФЖМ-8 сут флуоресцент ёғ ўлчагичини блок схемаси:

а-оптик электрон ўлчаш блоки; б-флуорохромлаштириш қурилмаси: 1-нурланиш манбаи; 2, 3, 5, 6-светофилтрлар; 4-кювета; 4' -эталон намунаси; 7-дастлабки кучайтиргич; 8-кучайтиргич; 9-фотоэлектрик кўпайтиргич; 10, 11-кўрсаткичли (рақамли) индикатор; 12-аралаштиргич; 13-иситиш камераси; 14, 16-бошқарув қурилмаси; 15-совитиш камераси; 17, 18-беркитиш клапанлари.

Оптик электрон ўлчаш блоки кўринадиган спектр соҳасида кўзғатиладиган монохроматорсиз флуорометр ва флуоросценция ўлчагичидан иборат.

Тадқиқот қилинаётган намунада флуоросценцияни кўзғатиш учун 320-440 нм спектрал соҳадан фойдаланиш ва флуоросценцияни ўлчаш учун 520-580 нм спектрал соҳасини ажратиш мақсадга мувофиқдир.

Ёруғлик оқими нурланиш манбаи (чўғланиш лампаси) 1 дан намунада 420 нм кўзғатиш спектрини ажратувчи ўзаро кесишган 2 ва 3 светофильтрлар орқали ўлчанаётган намуна жойлаштирилган шиша кювета (оптик қалинлиги 1 мм) 4 га берилади. Ёруғлик оқимини тор спектри таъсири остида кюветада жойлаштирилган намунада флуоросценция ҳодисаси пайдо бўлади. Люминесценцияни талаб қилинадиган спектр соҳаси ўзаро кесишган 3 ва 6 светофильтрлар томонидан ажратилади ва улар 420 нм тўлқин узунлиқдаги ёруғлик оқимини ажратади. Флуоросценция интенсивлиги ФЭУ-26 фото электрон кўпайтиргичи 9 да ўлчанади. Фотоқўпайтиргични ток сигнали дастлабки кучайтиргич 7, кучайтиргич 8 га берилади ва кўрсаткичли 10 ёки рақамли 11 индикаторларда ўлчанади.

2.6. Хроматография асослари

2.6.1. Усулни моҳияти ва турлари

Хроматография мураккаб моддалар аралашмасини ажратиш ва таҳлил этишни энг самарали ва универсал физико-кимёвий услуби ҳисобланади. бу таҳлил услуби турли тадқиқот соҳалари билан бир қаторда озиқ-овқат маҳсулотларининг таркиби ва сифатини ўрганишда ҳам кенг ишлатилмоқда. Айнан хроматографик услублар озиқ-овқат маҳсулотларини кимёвий таркиби, озиқавий тўлақонлигини ўрганишда, сақланувчанлигини башорат қилишда, уларни ҳиди ва хушбўйлигини аниқлашда, уларга қўшиладиган

кўшимчаларни аниқлашда, улардаги захарли кимёвий моддалар қолдик миқдорини ўрнатишда чуқур тадқиқотлар олиб бориш имкониятини яратади.

Хроматографик услуб мураккаб моддалар аралашмасини сорбция услублари ёрдамида динамик шароитларда ажратиш жараёни ҳисобланади. Услуб асосида аралашма компонентларини танланган сорбентда турлича сорбция қилинишидан фойдаланиш ғояси ётади. Бу усул 1903-1906 йилларда рус олими М.С.Цвет томонидан кашф этилган бўлиб, у адсорбция тамойилидан хлорофилни таҳлил этишда фойдаланган.

Текширилаётган моддаларни адсорбловчи материал устунда (колонкада) турлича ютилиши сабабли рангли ҳалқалар шаклида ажраланидан Цвет бу усулни хроматоргафия (юнонча хромо – бўёқ, графо - ёзаман) деб атади.

Хроматография кўпгина ажратиш усулларини қамраб олади. Барча хроматографик усуллар моддани иккита ўзаро аралашмайдиган фазалар ўртасида тақсимлашга асосланган. Фазалардан бири ҳаракатсиз ва у ҳаракатчан иккинчи фаза томонидан ювиб турилади. Ҳаракатсиз фаза сифатида қаттиқ жисмлар ёки суюқ лиолар, ҳаракатчан фаза сифатида эса суюқлик ёки газ фойдаланилади. Демак, хроматографик усуллар ҳамма вақт таркибида ажратиладиган моддалар мавжуд бўлган газ ёки суюқ фазани ҳаракатсиз (турғун) сорбент орқали филтрланиб ҳаракатланиши билан боғлиқ бўлади. Айнан аралашма компонентларини турғун ва ҳаракатчан фазалар ўртасида турлича тақсимланиши сабабли уларни ажратилиши содир бўлади.

Бу усул юқори даражадаги аниқлик билан қисқа вақт давомида бошқа усуллар ёрдамида бажариб бўлмайдиган кимёвий яқин бирикмаларни бўлиш имкониятини яратганлиги туфайли мураккаб кимёвий таркибли озиқ-овқат маҳсулотларини баҳолашда катта аҳамиятга эга.

Ҳаракатчан ва ҳаракатсиз фазалар турига кўра газ хроматографияси (ГХ) ва суюқликли хроматографияга (СХ) бўлиш қабул қилинган. Газ хроматографиясига ҳаракатчан фазаси газ, суюқлик хроматографиясига эса

харакатчан фазаси суюқлик ҳисобланган усуллар тегишли. Хроматографик усуллар иккала фазаларни агрегат ҳлатига боғлиқ ҳолда қаттиқ суюқликли (ҚСХ), суюқлик-суюқликли (ССХ), газ-адсорбцион (ГАХ) ва газ-суюқликли (ГСХ) бўлиши мумкин. Ажратиш механизмми асосини ташкил этувчи жараёнлар табиатига кўра, яъни бўлинаётган аралашма таркибий қисмларини, ҳаракатчан ва турғун фазалар ўртасидаги ўзаро таъсир турига кўра хроматографияни қуйидаги асосий вариантлари фарқланади: тақсимловчи, адсорбцион, ион алмаштирувчи, молекуляр элак (гель ичига кирувчи), аффин (яқинлик асосида), биоспецифик. Хроматографик усулларни уларда фойдаланиладиган ёрдамчи воситалари турлари бўйича таснифлаш ҳам кенг тарқалган. Бу ҳолда қоғоз хроматографияси, юпқа қатламли хроматография, колонкали хроматография, газ хроматографияси фарқланади.

Хроматографик усулларни турли туманлиги сабабли уларни таснифлаш анча мураккабдир. Маълум шартлигига қарамасдан 2.5-жадвалда келтирилган тасниф хроматографик усуллар вариантлари ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш имконини беради.

2.5-жадвал

Хроматография турлари таснифи

Хроматография тури	Амалга ошириш шакли
Суюқликли (ҳаракатчан фаза суюқлик)	
Қаттиқ-суюқликли	
адсорбцион	колонкали, юпқа қатлам
ион алмаштирувчи	колонкали, юпқа қатлам
молекуляр элак	колонкали, юпқа қатлам
Суюқлик-суюқликли	
тақсимловчи	колонкали, юпқа қатламли, қоғозли
комплекс ҳосил қилинишидан фойдаланувчи	колонкали, юпқа, қатламли
Газли (ҳаракатчан фазаси газ)	

газ-адсорбцион	колонкали
газ-суюқликли (тақсимловчи)	колонкали

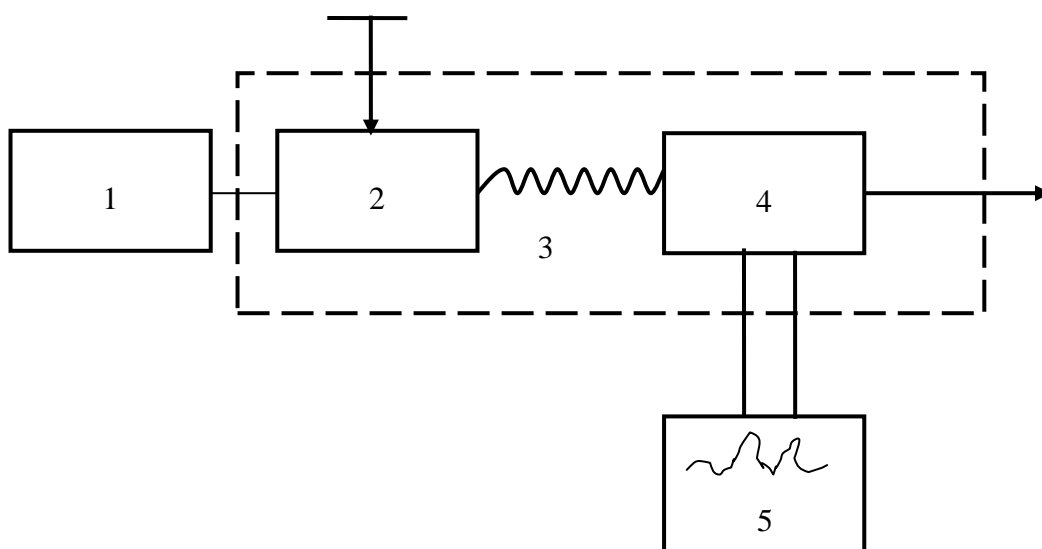
2.6.2. Газли хроматография

Газли хроматография турли органик ва анорганик бирикмалар аралашмаларини миқдор ва сифат бўйича таҳлил этиш усули ҳисобланиб, озик-овқат маҳсулотларини комплекс таҳлил этишда қўлланилиши керак. Усул 400-500 °С ҳароратларда парчаланмасдан ҳайдалиш қобилиятига эга бўлган газлар, суюқ ва қаттиқ моддалар учун мўлжалланган. ГХ ёрдамида пиролизга мойил учувчи ҳосилаларга айлантирилиши мумкин бўлган бирикмалар таҳлил этилади.

ГХда аралашмани ажралиши сорбент орқали ўтаётган ҳаракатчан газ фазаси ёрдамида содир бўлади. Элтувчи газ сифатида колонка ҳароратида турғун фазада адсорбция қилинмайдиган ва эримайдиган ва аралашмани таркибий қисмлари билан реакцияга киришмайдиган азот, гелий, аргон каби газлар ишлатилади.

Аралашма таркибий қисмларини ажралиши таҳлил этилаётган компонентлар газсимон аралашмасини хроматографик колонкадан қаттиқ жисм юзаси ёки ҳаракатсиз суюқлик бўйича ҳаракатланишида турлича адсорбция қилиниши (ГАХ) ёки эрувчанлигига (ГСХ) асосланган.

Замонавий газли хроматограф автоматик асбоб ҳисобланиб, уни ишлатувчи персоналдан кўп операциялар бажарилишини талаб қилмайди. Газли хроматографни принципиал чизмаси расм 2.49 да келтирилган.



Расм 2.49. Газли хроматограф схемаси:
1-газ элтувчи манба; 2-буғлатгич; 3-колонка; 4-детектор; 5-ўзи ёзувчи
қурилма

Газли хроматографияда намоён бўлиш усули қўлланилади. Тадқиқот этилаётган намунани талаб этиладиган миқдори махсус микрошприц ёрдамида олиниб, дозатор – буғлатгични резинали зичлаштирувчиси орқали газ-элтувчи оқимига киритилади. Дозатор – буғлатгичда намунадаги энг юқори қайнайдиган компонент ҳароратига нисбатан $50-70^{\circ}\text{C}$ юқори ҳарорат яратилганлиги суяқ аралашмани тез ва тўлиқ буғланиши таъминланади. Буғланган намуна газ оқими билан колонкага узатилади ва колонка бўйлаб ҳаракатланади. колонкадаги ҳарорат тадқиқот этилаётган намунани буғ ҳолатида сақланишини таъминлайди.

Колонка орқали ўтишида аралашма компонентлари колонка ичи тўлдирилган адсорбент томонидан адсорбция қилинади (ГАХ) ёки инерт элтувчи юзасидаги ҳаракатсиз суяқ фазада эрийди (ГСХ). Аралашма компонентларини бир хил сорбция қилинмаслиги ёки суяқ фаза билан турлича ўзаро таъсири туфайли, уларни колонка бўйлаб турли тезлик билан ҳаракатланиши содир бўлади. Натижада сорбция қилинадиган ёки суяқ фазада юқори эрувчанликка эга бўлган компонент молекулалари ўз ҳаракатланишида орқада қолади, аксинча адсорбция қилинмайдиган ёки эрмайдиган компонентлар эса колонкадан биринчи бўлиб чиқади.

Колонкадан ювилаётган компонентлар детекторда, вақтга боғлиқ бўлган сигналлар кўринишида қайд этилади. Бу сигналлар хроматографни ўзи ёзар қурилмасида қатор жойлашган чўққисимон чизиқлар кўринишида ёзилади.

Газ элтувчи газ баллонидан редуктор орқали узатилади. Редуктордан чиқаётган газ доимий босим ва тезликка эга бўлсада, доимий босимни таъинлаш мақсадида редуктордан кейин махсус стабилизаторлар ўрнатилади. Газ элтувчи оқими тезлиги ва сарфини ўзгаришлари ротаметрлар ёрдамида аниқланади ва улар газни системадан чиқишида, яъни детектордан кейин ўрнатилади. Хроматографик колонкани самардорлиги газ –элтувчи тезлигини тўғри танлашга боғлиқ. Узунлиги 3 м ва ички диаметри 3 мм колонкадаги газ этувчини оптимал тезлиги $30-50 \frac{мл}{мин}$ ташкил этади.

Намуналарни колонкага тўғри киритиш ўта муҳим ҳисобланиб, у хроматографик чўққисимон чизиқ шаклини белгилайди. Одатда, майда энли ва симметрик чўққисимон чизиқлар олиниси кам ҳажмдаги ва юқори концентрацияли намуна киритилганда кузатилади. Суюқ намуналарни киритиш учун ҳажми $1мл$ бўлган махсус микрошприцлар ёки оддий медицина шприцы ишлатилади. Тадқиқот этилаётган суюқ намуна шприцга олингач, уни игнаси ёрдамида буғлатгич киришидаги ўзи зичланадиган резинали тиқин тешилади ва маълум ҳажмдаги намуна киритилади. Бунда газ элтувчи оқими тўхтатилмайди. Буғлатгичдаги ҳарорат намунани катта тезлик билан буғланишини таъминлаган ҳолда тадқиқот этилаётган модда тузилишини ўзгартирмаслиги лозим.

Хроматографни муҳим қисмларидан бири колонкалар ҳисобланиб, улар тадқиқотчи томонидан тайёрланади. Тўлдириладиган (ГАХ ва ГСХ да) ва капилляр колонкалар (ГСХ да) мавжуд.

Тўлдириладиган колонкаларни диаметри 3-6 мм ва узунлиги, тадқиқот этилаётган маҳсулот таркибига боғлиқ ҳолда, 20 см дан 8 м гача бўлиб, зангламайдиган пўлат, мис, алюминий ва шишадан тайёрланади. Узунлиги 2-3 м бўлган колонкаларда қоникарли ажратишга эришиш мумкин. Қийин

ажраладиган аралашмалар билан ишлашда узун колонкалардан фойдаланиш тавсия этилади.

Ички диаметри 0,01-0,5 мм бўлган капилляр колонкаларни узунлиги 30-100 м ва ундан юқори бўлиб, уларда қисқа вақт давомида намуналарни жуда юқори ажралиш самарадорлигига эришиш мумкин.

Колонкадаги ҳаракатсиз фазани икки тури маълум: қаттиқ адсорбент ва қаттиқ элтувчи ёки капилляр трубкани ички деворига суркалган учмас суюқлик.

ГАХда колонкалар активлаштирилган кўмир, силикагель, алюмин оксиди каби қаттиқ адсорбентлар билан тўлдирилади. ГСХда тўлдириладиган колонкалар учун катта инерт юзага эга бўлган қаттиқ элтувчи зарур бўлади. улар ҳаракатсиз суюқ фазани юпқа қатлами билан қопланади. Бу элтувчилар таҳлил этилаётган моддани суюқлик плёнкаси орқали адсорбция қилмаслиги лозим, яъни улар бевосита сорбция жараёнларида иштрок этмайдилар. Уларни вазифаси турғун суюқ фазани у орқали газ оқими ўта оладиган ҳолатда сақлаш ҳисобланади. Қаттиқ элтувчи заррачалари маълум ўлчамга эга бўлган ячейкали структурага эга бўлиши керак. Бунда уларни бир жинслилиги ҳам катта аҳамиятга эга бўлиб, чунки бу ҳолат газ элтувчи оқимини бир текислигини таъминлайди. Қаттиқ элтувчилар сифатида керамик материаллар гранулаланган полимерлар, шишали бисер ва бошқалар ишлатилади.

Капиллярли колонкаларда суюқ ҳаракатсиз фаза билан трубкани ички девори қопланади. Демак, капиллярни ички девори қаттиқ элтувчи сифатида хизмат қилади.

Етарлича танлама хусусиятига эга бўлган турғун суюқ фазани (ТСФ)ни танлаш ҳам маълум қийинчиликлар билан боғлиқ. ТСФ ажратиладиган компонентлар учун яхши эритувчи ва колонкани ишчи ҳароратида чидамли бўлиши керак.

ТСФ сифатида ишлатиладиган турли органик моддаларни қуйидаги уч гуруҳга ажратиш мумкин:

- кимёвий табиатига кўра углеводородларни мураккаб аралашмаси ҳисобланган **қутбланмаган** моддалар: вакуумли мойлар, апиэзон, скваленлар, диметилполисилоксанлар ва бошқалар (углеводородлар, кислоталар эфирларини ажратиш учун);
- **кучсиз қутбланган** моддалар ҳисобланган баъзи силиконли полимерлар, юқори молекулр спиртлар эфирлари ва икки асосли кислоталар: дибутилфталат, динонилфталат, диоктилбацинат, трикрезилфосфат (турли синфга мансуб углеводородлар гомолог ва изомерларини, спиртлар, альдегидлар, эфирлар ва пастмолекуляр кислоталарни ажратиш учун);
- **кучли қутбланган** полигликоллар (спиртлар, альдегидлар, дикетонлар, кетокислоталарни ажратиш учун) полиэтиленгликольсукцинат, полиэтиленгликольадипинат каби икки атомли спиртлар ва икки асосли кислоталар полиэфирлари (ёғ кислоталари эфирларини, аминокислоталар, терпенлар ҳосилаларини ажратиш учун).

ГСХда колонкани ишга тўғри тайёрлаш ўта муҳим ҳисобланади. Колонка тўлдирилиши олдидан дастлаб суялтирилган хлор кислотаси (1:10), сўнгра сув, ацетон, эфир билан ювилиши ва шундан кейин қуритилиши керак.

Шуни таъкидлаш лозимки, колонкада моддаларни тақсимланиш коэффициентига уни ҳарорати ҳам таъсир этади. Колонка ҳароратини ошиши компонентни чиқиш вақтини пасайтириб, ажратишни ёмонлаштиради. Одатда, колонкани ҳарорати аралашмани ўртача қайнаш ҳароратига тенг этиб белгиланади. Колонка ҳароратини танлашда, шунингдек фойдаланилаётган суюқ фазани юқори ва қуйи ишчи ҳароратлари ҳам эътиборга олиниши керак.

ТСФ миқдори элтувчи заррачаларини юпқа, бир хил қатлам билан коплаш учун етарли бўлиши керак. Суюқ фаза миқдорини оширилиши ёки етишмаслиги колонка самарадорлигини пасайтиради, намунани парчаланишига олиб келади. Бундан ташқари, суюқ фаза миқдорини

танлашда намунани учувчанлиги ҳам инобатга олинishi зарур. Суюқ фаза миқдори элтувчи массасига нисбатан паст учувчан моддалар учун 3-10 %, юқори учувчан моддалар учун эса 20-30 %ни ташкил этади.

Элтувчи массаси қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V = \pi \cdot r^2 \ell$$

бу ерда V - колонкани тўлдириш учун зарур бўлган элтувчи ҳажми;

r - колонкани ички диаметри, см;

ℓ - колонка узунлиги, см.

Суюқ фазани ҳисобланган миқдори қаттиқ элтувчини фақат ҳўллаш учун етарли бўлган миқдордаги эритувчида эритилади. Олинган суюқ фаза эритмаси ҳисобланган элтувчи массаси билан чинни идишчаларда, эритувчи ҳидсиз енгил сочилувчан масса ҳосил қилинганча яхши аралаштирилади. Колонка сорбент билан тўлдирилгач, уни учлари 8-12 мм чуқурликда шишали пахта билан тўлдирилади ва унга хроматограф термостати шаклига мос келувчи спирал кўриниши берилади. Тайёрланган колонка таҳлил ўтказиш олдида уни сорбция қилинган бегона моддалардан озод қилиш ва суюқ фазасини стабиллаш мақсадида элтувчи газ оқимида термик ишловдан ўтказилиши керак. Колонкани истиш ҳарорати уни ишчи ҳароратидан 10-20 °С юқори, шу билан биргаликда суюқ фазани юқори ҳарорат чегарасидан паст бўлиши керак.

Газли хроматографни навбатдаги муҳим қисми детектор ҳисобланади. Детектор элтувчи газ оқимидаги компонентларни сезади ва уни майда миқдорлари ҳақидаги маълумотни қайд этувчи қурилмага узатади. Детектор майда инерцияликка, универсиалликка ва юқори сезгирликка эга бўлиши керак. Барча мавжуд детекторлар дифференциал ва интеграл детекторларга бўлинади. Дифференциал детекторлар қандайдир тавсифларни бир зумли ўзгаришларини узатса, интеграл детекторлар эса бу ўзгаришларни маълум вақт давомида суммалайди.

Дифференциал детекторларни энг тарқалган тури **катарометр** ёки термокондуктометрик ячейка ҳисобланади. Уни иш принципи тоза элтувчи

газ ва колонкадан чиқаётган, таркибида ажратилган компонентлар аралашмаси мавжуд бўлган, элтувчи газ оқимлари иссиқлик ўтказувчанликларини ўзаро таққослашга асосланган. Аралашмани (элтувчи газ+компонент) иссиқлик ўтказувчанлиги компонент концентрациясига боғлиқ ҳолда ўзгаради. Ушбу детекторлар элтувчи газ оқими тезлигини ўзгаришларига сезгир ҳисобланади. Шунинг учун ушбу катталиқ диққат билан назорат қилиниши керак. Бундан ташқари, катарометр кўрсатишларини катталиги буғ концентрациясини ўзгаришлари сарин ҳамма вақт ҳам чизиқли ўзгармайди. Бу эса миқдорий таҳлил учун тегишли диапазонда таркиби маълум аралашмалар бўйича калибровка ўтказилишини тақозо этади.

Дифференциал детекторларга термохимёвий, алангали ва ионизацион детекторлар ҳам тегишли. **Термохимёвий детекторлар** газни платинали сим юзасида каталитик ёниши иссиқлик эффектини ўлчашга асосланган. **Алангали детекторларни** иш принципи эса водород алангаси узунлиги ва ҳароратини унга берилаётган тадқиқот этилаётган аралашма таркибида органик моддалар мавжуд бўлишига кўра ўзгаришидан иборат. Аланга устида жойлаштирилган термопара ҳарорат ўзгариши ҳақидаги маълумотларни қайд этувчи қурилмага узатади.

Ионизацион детекторлар газни ионизацион хусусиятларини ўлчашга асосланган бўлиб, ўта сезгир ҳисобланади. Тадқиқот этилаётган газ молекулалари ионизациясини вакуумдаги электрик разряди таъсирида, электр майдондаги алангада ва радиоактив нурланиш таъсири остида юзага келтириш мумкин. Лаборатория амалиётида **алангали – ионизацион детекторлар** кенг тарқалган бўлиб, у водород алангасида ионизация қилишга асосланган. Бунда колонкадан чиқаётган оқимга водородни доимий сарфи киритилади ва ҳосил қилинган аралашма герметик камерада ёндирилади. Тоза водород ёнишида камерада ҳосил бўлаётган ионлар миқдори жуда кам бўлиб, углерод атомларига эга бўлган моддалар мавжуд бўлганида ионлар миқдори кескин ошади. Алангада ҳосил бўлаётган ионлар ток ҳосил қилади,

шу билан бирга ионизацион ток кучи горелкага келиб тушаётган модда миқдорига пропорционал. Ушбу ионизацион ток кучайтирилиб, потенциометрда автоматик ёзиб борилади. Алангали – ионизацион детекторлар катарометрларга нисбатан юқори сезгирликка эга. Шуни таъкидлаш лозимки, ушбу детектор деярли барча органик бирикмаларга сезгир бўлиб, доимий газ ва сувга сезгир эмас. Детектор сигнали кенг диапазонда модда концентрациясига нисбатан чизиклидир. Алангали-ионизацион детекторларни юқори сезгирлиги ва кенг чизикли диапазони уни озик-овқат маҳсулотларини таҳлил этишда фойдаланилишига олиб келди.

Электронларни тутиб олувчи детектор бошқа детекторлардан фарқли равишда ток кучи ошишини эмас, балки уни камайишини ўлчайди. Детектор орқали ўтаётган азот молекулалари радиоактив β -нурлар таъсирида ионизация қилинади ва секин электронлар ҳосил қилинади. Доимий кучланиш таъсири остида бу электронлар анодга интилади, натижада доимий ток ҳосил бўлади. Электродлар ўртасидаги фазага озод электронларни тутиб олувчи молекулаларга эга бўлган намуна компонентлари киритилса, ток кучини пасайиши рўй беради.

Ушбу детектор электронларни тутиб олувчи моддаларга (алкилгалогенидлар, нитратлар, металл органик бирикмалар) нисбатан ўта сезгир бўлиб, углеводород, спирт ва кетонларга сезгир эмас ва унчалик катта бўлмаган чизикли диапазонга эга. Бу эса уни оддий миқдорий аниқлашлар учун фойдаланиш имконини бермайди. Шунга қарамасдан бу детекторлар хлор ва фосфор органик кимёвий заҳарли моддаларни микро- ва субмикромикдорларини аниқлашда ўта аҳамиятлидир.

Хроматограммани алоҳида чўққисимон чизикларига мос келувчи аралашма компонентларини сифатий идентификация қилишни турли услублари маълум.

Компонетни чиқиш катталигига кўра идентификация қилиш. ГХ асосий тавсифларидан бири берилган компонентни чиқиш вақти (t) ҳисобланиб, у намунани киритилишидан бошлаб тегишли чўққисимон чизик

максимумини пайдо бўлишигача ўтган вақтни ифодалайди. Бундан ташқари, ҳаво чўққисимон чизигини (ёки ионизацион детектор учун эритувчи чўққисимон чизигини олд чегараси) пайдо бўлиши моментида тегишли чўққисимон чизик максимумини чиқишигача ўтган вақтни, яъни нисбий чиқиш вақтини (t_R) билиш ҳам муҳим ҳисобланади. Ҳар бир компонентни чиқиш вақтига чиқиш ҳажми (V_R), яъни намунани киритилишидан бошлаб чўққисимон чизик максимумини пайдо бўлишигача колонкадан ўтган газ ҳажми мос келади. Юқорида келтирилган t_R ва V_R моддани берилган таҳлил шароитларига тааллуқли бўлган тавфсифлар ҳисобланади.

Энг ишончли кўрсаткич нисбий вақт ($t_R^{нис}$) ёки ҳажм чиқиши ($V_R^{нис}$) ҳисобланиб у берилган компонент вақти ёки ҳажми чиқишини стандарт сифатида қабул қилинган маълум модда тегишли кўрсаткичларига нисбати сифатида аниқланади. Нисбий чиқиш колонкани узунлиги, газ оқими тезлиги ва турғун фаза миқдорига боғлиқ бўлмай, у фақат колонка ҳарорати ва суюқ фаза табиатига боғлиқдир. Шунинг учун хроматограмма чўққисимон чизикларини идентификация қилиш нисбий чиқиш бўйича ўтказиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Моддаларни стандарт аралашмалари ёрдамида идентификация қилиш. Бу усулда тадқиқот этилаётган аралашма компонентларини чиқиш катталиклари олдиндан маълум моддаларни хроматорграфия этишда олинган тегишли катталиклар билан солиштирилади. Ушбу усул, борлиги тахмин этилаётган ҳамма моддалар таҳлил этилаётган аралашмада фақат тоза ҳолда бўлганидагина ишлатилиши мумкин.

Логарифмик боғлиқликлар бўйича идентификация қилиш. Ушбу усул маълум ҳароратда нисбий чиқиш ҳажми ва бир гомологик қатор доирасида занжирдаги углерод атомлари сони ўртасида чизиклик боғлиқлик мавжуд бўлишига асосланган.

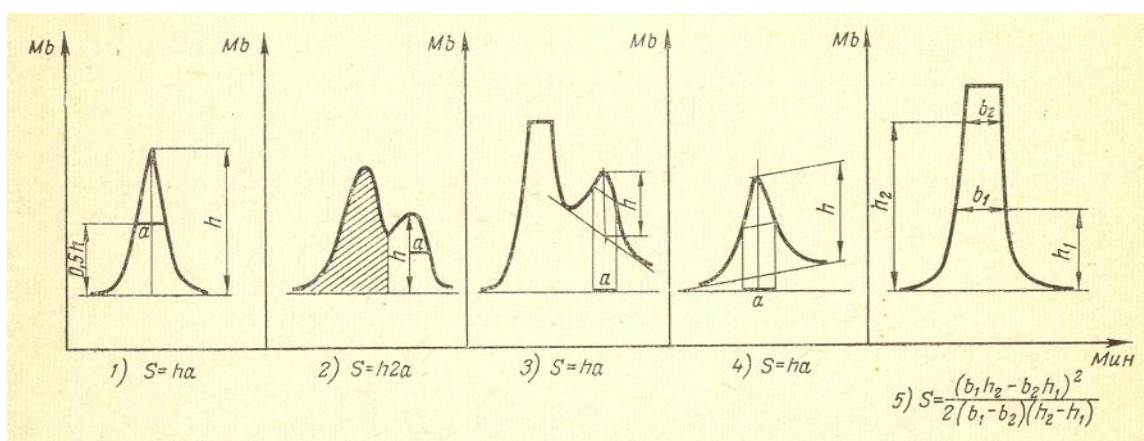
Дифференциал детекторлар ёрдамида хроматограммани **миқдорий таҳлил этиш** қайд этилган чўққисимон чизик юзасини аниқлашга асосланган, чунки бу юза компонент концентрациясига пропорционалдир.

Аммо, дифференциал детектор сигналини таҳлил этилаётган модда табиатига боғлиқлиги ҳам маълум. Шунинг учун аниқ миқдорий натижалар олишда детекторни аниқланаётган моддаларга нисбатан индивидуал сезгирлигини билиш керак. Бу мақсадда детектор таркиби маълум аралашмалар бўйича калибровка қилинади ва сўнгра ҳисобларда тузатиш коэффициенти киритилади. Ушбу коэффициент компонент концентрацияси ва унга мос келувчи чўққисимон чизиқ ўртасидаги пропорционалликни акс эттиради.

Хроматографик чўққисимон чизиқ юзасини аниқлашнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

- чўққисимон чизиқ баландлиғни уни ўрта баландлигида ўлчанган энига кўпайтмаси йўли билан; агар чўққисимон чизиқлар симметрик ёки деярли симметрик бўлганда, усул юқори аниқлиги билан ажралиб туради;
- қоғоздан қирқиб олинган чўққисимон чизиқларни тортиш йўли билан;
- ўзи ёзар қурилмаларга бевосита уланган интеграторлар ёрдамида.

Тўлиқ ажратилмаганда ҳосил қилинган, бир-бирини қамраб олувчи, кам миқдордаги компонентлар ҳосил қилган ва бошқа шароитларда олинган хроматографик чўққисимон чизиқлар юзаларини аниқлаш ўзига хос хусусиятларга эга (расм 2.50).



Расм 2.50. Хроматографик чўққисимон чизиқлар юзаларини ҳисоблаш: 1-симметрик; 2-бир-бирини қисман ёпувчи; 3-кичик аралашма чўққисимон чизиғи; 4-нол линияси оғанида; 5-шкаладан ошиб кетган

Хроматограммани ҳисоблаш ва миқдорий натижалар олиш учун ички стандарт, ички нормаллаштириш ва абсолют калибровка усулларида кенг фойдаланилади.

Ички нормаллаштириш усули аралашма компонентлари ўртасидаги нисбатларни аниқлашга қаратилган. Шунинг учун аралашмадаги қандайдир компонентни аниқлашни асосий шarti: намунадаги барча компонентлар элюирация қилинади ва уларни ҳар бирига нисбатан детектор сезгирлиги бир хил деб фараз қилиш ҳисобланади.

Бунда барча чўққисимон чизиқлар юзалари 100 % деб қабул қилинади ва ҳар бир чўққисимон чизиқни юзаси умумий юзага нисбатан фоизларда ҳисобланади. Ҳисоб қуйидаги формула бўйича олиб борилади:

$$x_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \cdot 100\% ,$$

бу ерда x_i - компонент i -ни фоизларда ифодаланган миқдори;

S_i - компонент i -га мос келувчи чўққисимон чизиқ юзаси;

$\sum_{i=1}^n S_i$ - барча чўққисимон чизиқлар юзаси.

Ички нормаллаштириш усулини авфзаллиги киритиладиган намуна миқдорини аҳамиятга эга эмаслиги ҳисобланади, аммо бу усул ҳамма вақт ҳам аниқ ва объектив маълумотлар бермайди.

Ишончли натижалар олиш учун ажратилган компонентларга мос келувчи чўққисимон чизиқлар юзаларини детекторни уларга нисбатан сезгирлигини ифодаловчи калибрланган коэффициентларга кўпайтмасини аниқлаш керак бўлади.

$$x_i = \frac{K_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^n K_i \cdot S_i} \cdot 100\%$$

бу ерда K_i - детекторни берилган компонентга бўлган сезгирлигини ифодаловчи коэффициент.

Ички стандарт усули таҳлил этилаётган аралашма намунасига “ички стандарт” деб номланувчи моддани аниқ миқдорини солишга асосланган. Ички стандарт сифатида ишлатиладиган модда таҳлил этилаётган аралашмада эрувчан бўлиши керак, уни чўққисимон чизиғи эса аралашма компонентлари чўққисимон чизиқларидан тўлиқ ажралган ҳолда уларни юзалари билан ўзаро солиштириш мумкин бўлган юзага эга бўлиши лозим.

Дастлаб таҳлил этилаётган намуна алоҳида компонентларни ва ички стандартни миқдорлари аниқ бўлган сунъий аралашмалар тузилади ва улар хроматография қилинади. Сўнгра аралашмани берилган компонентларига мос келувчи чўққисимон чизиқлар юзалари ўлчанади ва ушбу модда учун тузатиш коэффиценти ҳисобланади:

$$k = \frac{S_{cm} \cdot g_i}{S_i \cdot g_{cm}}$$

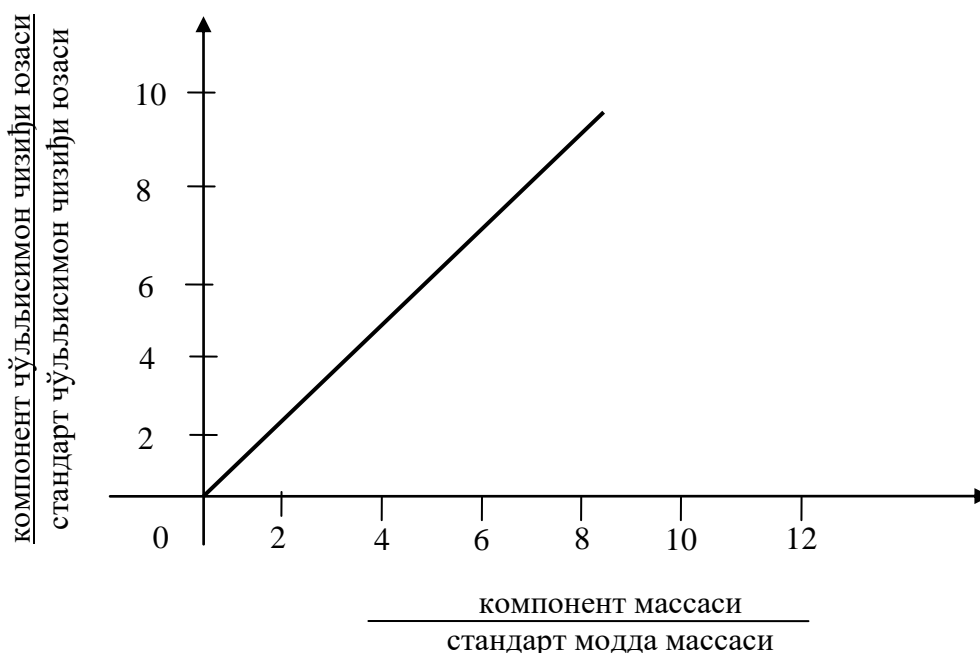
бу ерда k - берилган моддани тузатиш коэффиценти;

S_{cm} ва S_i - стандарт модда ва таҳлил этилаётган модда чўққисимон чизиқлари юзалари;

g_{cm} ва g_i - сунъий аралашмадаги стандарт модда ва таҳлил этилаётган модда массалари.

Олинган натижалар асосида калибрланган график тузилади (расм 2.51).

Кейинги босқичда таҳлил этилаётган аралашмага маълум миқдордаги стандарт модда солиниб хроматографдан ўтказилади. Олинган хроматограммада стандарт модда чўққисимон чизиғи юзаси (S_{cm}), таҳлил этилаётган моддаларни бирига мос келувчи чўққисимон чизиқ юзаси (S_i) ўлчанади ва калибрланган график бўйича таҳлил этилаётган модда массасини стандарт модда массасига бўлган нисбати топилади. Стандарт модда массасини билган ҳолда аниқланаётган модда концентрациясини осон ҳисоблаш мумкин.



Расм 2.51. Ички стандартни нисбий калибрлаш графиги

Аралашмадаги қолган компонентларни миқдорлари қуйидаги формулага кўра ҳисобланади:

$$x_i = \frac{K_i \cdot S_i}{K_{cm} \cdot S_{cm}} \cdot R \cdot 100\%$$

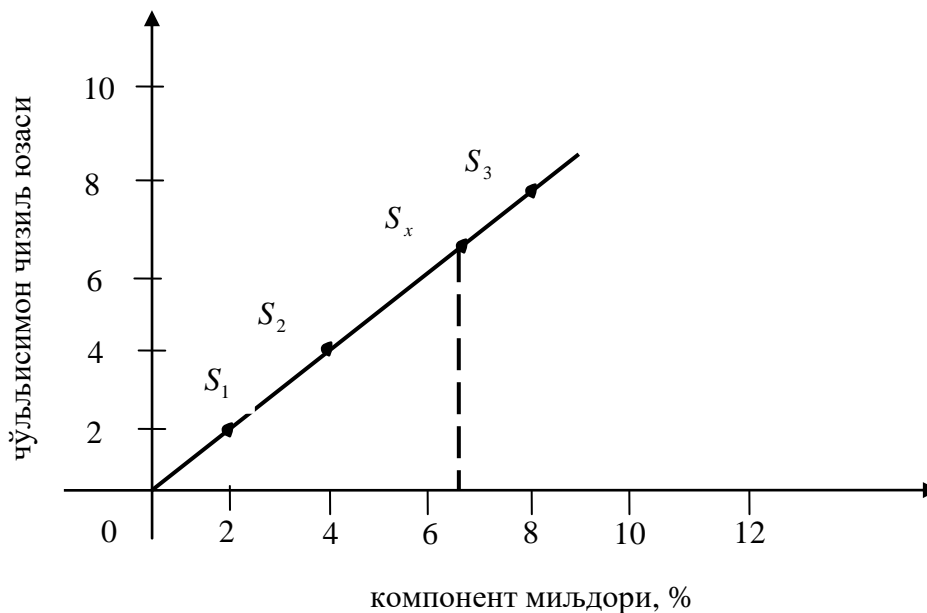
бу ерда K_i ва K_{cm} - аниқланаётган компонент ва стандарт моддани тузатиш коэффициентлари;

S_i ва S_{cm} - тегишли чўққисимон чизиқлар юзалари;

R - ички стандарт массасини таҳлил этилаётган намуна массасига бўлган нисбати.

Абсолют калибрлаш усули чўққисимон чизиқ баландлиги ёки юзасини аралашмадан тегишли компонент миқдорига боғлиқлигига асосланади. Бунинг учун хроматографга бирин кетин таҳлил тилаётган моддани турли аниқ ўлчанган миқдорларини кирита туриб, уларга мос келувчи чўққисимон чизиқлар юзалари ўлчанади ва калибрланган график (расм 2.52) тuzилади. Сўнгра номаълум таркибли аралашмани аниқ ўлчанган миқдори хроматография қилиниб, график бўйича таҳлил этилаётган модда чўққисимон чизиғи юзасига (S_x) кўра уни аралашмадаги концентрацияси

топилади. Ушбу усул етарлича оддий бўлиб, уни аниқлиги хроматограф режимини доимийлигига ва эталон аралашмаларни синчиклаб тайёрлаш ва таҳлил этилишига боғлиқ. Абсолют калибрлаш усули аралашмадаги бир ёки бир неча компонентларни аниқлашда, шунингдек микроқўшимчаларни аниқлашда кенг қўлланилади.



Расм 2.52. Абсолют калибрлаш графиги

2.6.3. Суюқликли хроматография

Охирги йилларда эритмалар учун сезгир детекторларни, катта босимларга мўлжалланган механик чидамли адсорбентларни яратилиши туфайли СХ кенг ривожланмоқда. Шунинг учун ҳозирги кунда суюқликли хроматография ГХ га хос авфзалликларга (катта ажралиш тезлиги, юқори сезгирлик, молекуляр оғирлиги 300-500 дан бир неча миллионгача бўлган моддалар аралашмасини ажратиш имконияти) эга бўлмоқда.

Қоғоздаги тақсимловчи хроматография. Қоғоздаги хроматография ССХни бир кўриниши ҳисобланади. Аралашма таркибига кирувчи моддаларни ажарлиши иккита ҳаракатчан ва турғун суюқ фазалар ўртасида кечади. Бунда ҳаракатчан фаза сифатида сув билан тўйинтирилган органик

эритувчи ва турғун фаза сифатида эса махсус фильтр қоғози толалари томонидан ушлаб туриладиган сорбцион сув хизмат қилади. Усулни асосини ажратиладиган моддаларни иккита ўзаро аралашмайдиган суяқ фазалар ўртасида турлича тақсимланиш коэффициентига эга бўлиши ташкил этади.

Тақсимланиш коэффициенти сувли фазадаги модда концентрациясини сувсиз фазадаги модда концентрациясига нисбати ҳисобланади. У қуйидаги формулага кўра аниқланади:

$$\alpha = \frac{C_c \text{ мг/мл}}{C_{\text{сувсиз}} \text{ мг/мл}},$$

бу ерда α - моддани иккита аралашмайдиган суяқликлар ўртасида тақсимланиш коэффициенти;

C_c - сувли фазадаги модда концентрацияси;

$C_{\text{сувсиз}}$ - сувсиз фазадаги модда концентрацияси.

Тақсимланиш коэффициенти α аратиладиган модда структурасига боғлиқ бўлиб, уни хроматограммадаги ҳолатини белгилайди. Бунда α қийматини ошириши моддани хроматограммадаги тезлигини пасайишига олиб келади. Агар сувли фаза қандайдир инерт модда (целлюлоза) томонидан маҳкам ушлаб турилса, унда у ҳаракатсиз бўлади. Бу ҳолда сувсиз фаза ҳаракатчан бўлиши керак ва сувли фаза орқали ўтиши керак. Бунда сувсиз фаза ўз ҳаракати йўлида таҳлил этилаётган моддаларни танланма тақсимлайди.

Тажриба яқунлангач, моддаларни хроматограммадаги (қоғоздаги) ҳолати ҳаракатчанлик коэффициенти R_f билан тавсифланади. R_f мазкур модда зонаси силжиган масофани эритувчи fronti силжиган масофага бўлган нисбати сифатида аниқланади. Ўлчашлар сантиметрларда амалга оширилади. Эритувчи ҳаракатланиш тезлигини таҳлил этилаётган модда ҳаракатланиш тезлигига, нисбатан ҳар доим юқорилилиги сабабли R_f қиймати одатда 1 дан кичик бўлади. R_f ёрдамида тадқиқот этилаётган озик-овқат маҳсулотларини моддалари идентификация қилинади.

Хроматографик таҳлил ўтказишда таҳлил этилаётган моддалар аралашмаси (ёки уларни ҳосилалари) аниқ ўлчанган миқдорда калибрланган микропипетка ёрдамида хроматографик қоғозни старт чизиғига иложи борича майда юзага эга бўлган доғ ёки йўлча кўринишида ўтказилади. Аралашмани бир қисми эриган моддаларини қоғоз томонидан қайтмас сорбцияланиши олдини олиш мақсадида у совуқ ҳаво оқимида қуритилиши керак.

Ишлатиладиган қоғоз кимёвий тоза бўлиши лозим. Бу мақсадда қоғоз уни анорганик аралашмалари билан комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи турли реагентлар билан қўшимча ишлов берилади ва сув билан яхши ювилади.

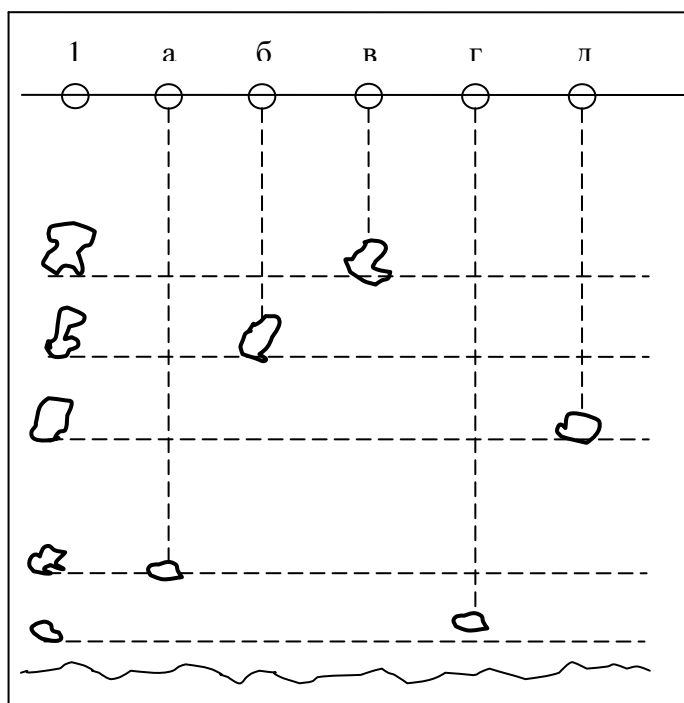
Саноатда ишлаб чиқариладиган хроматографик қоғозлар турли қалинликда бўлиб, эритувчиларни улардаги турли ҳаракатланиш тезлиги билан фарқланади. Элтувчи сифатида ишлатиладиган қоғоз хроматобокс атмосферасига мослаштирилиши керак. Бунинг учун таҳлил этиладиган моддалар аралашмаси доғлари туширилган қоғоз эритувчи буғлари билан тўйинтирилган камерада 10-14 соат давомида сақланади.

Тўйинтириш якунлангач, қоғозни моддалар аралашмаси томизилган жой яқинидаги тасмасини чет қисми турғун фаза билан тўйинтирилган ҳаракатчан фазага туширилади, камера яна зич маҳкамланади ва хроматограммани ривожланиши жараёни бошланади. Эритувчини таҳлил этилаётган моддалар аралашмаси орқали узлуксиз ўтиши хроматоргафияда **хроматограммани ривожланиши ёки намоён бўлиши** деб юритилади. Ҳаракатчан эритувчи қоғоз бўйлаб капилляр кучлар (юқорига интилувчи хроматография) ёки гравитацион кучлар (пастга интилувчи хроматография) таъсирида ҳаракатланади. Бундаги энг асосий шарт эритувчи концентрациясини доимий сақланиши бўлиб, бунга таҳлилни эритувчини буғланиши натижасида уни концентрацияси ўзгариши олдини олувчи герметик ёпиладиган идишларда ўтказилиши орқали эришилади. Бундан ташқари, яхши натижалар олиш учун хроматографик жараённи ўзгармас

хароратларда олиб бориш зарур бўлади. Аралашма компонентларини ажралиши юқорида таъкидланганидек, уларни турли тақсимланиш коэффициентига эга бўлишлари сабабли содир бўлади. Хроматография натижасида таҳлил этилаётган моддалар аралашмаси қоғоз бўйлаб алоҳида доғлар кўринишида тақсимланади. Одатда хроматограммани ривожлантириш эритувчи fronti қоғозини охирида 1-2 см масофа қолган ҳолатига эришгунича давом этирилади. Моддаларни яхши ажралиши учун хроматограмма биринчи ривожланишдан кейин қуритилади ва сўнгра ўша эритувчида (баъзи ҳолларда бошқа юритувчи ишлатилади) ривожлантириш яна қайтарилади.

Ривожлантириш натижасида олинган хроматограммадаги эритувчи қуритиш йўли билан чиқариб юборилиши керак. Шундан сўнг таҳлил этилаётган моддаларни рангли намоён қилиш ва идентификациялаш мумкин. Рангли намоён қилиш қуритилган хроматограммани таҳлил этилаётган моддалар билан бўялган комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи тегишли реактивлар билан ҳўллашдан иборат. Шунда рангсиз хроматограммада тадқиқот этилаётган моддаларни тақсимланиш жойларида, рангли доғлар ва йўлчлар ҳосил бўлади.

Моддаларни идентификация қилишда параллел равишда олдиндан маълум бирикмаларни зарур концентрациядаги эритмалари (гувоҳлар) тайёрланади ва ўша қоғозда тадқиқот этилаётган эритма билан ёнма-ён ҳар 1,5-2 см да уларни доғ кўринишидаги шундай томчилари томизилади. Хроматограмма ривожлантирилгач ва рангли намоён қилингач, бир хил бирикмалар қоғозда бир даражада бўлишади (расм 2.53). Расм 2.53 да келтирилган шартли хроматограммдан кўриниб турибди-ки, гувоҳлар ёрдамида тадқиқот этилаётган эритма таркибидаги моддаларни очиш ва уларни хроматограммадаги жойлашиш таркибини аниқлаш мумкин.



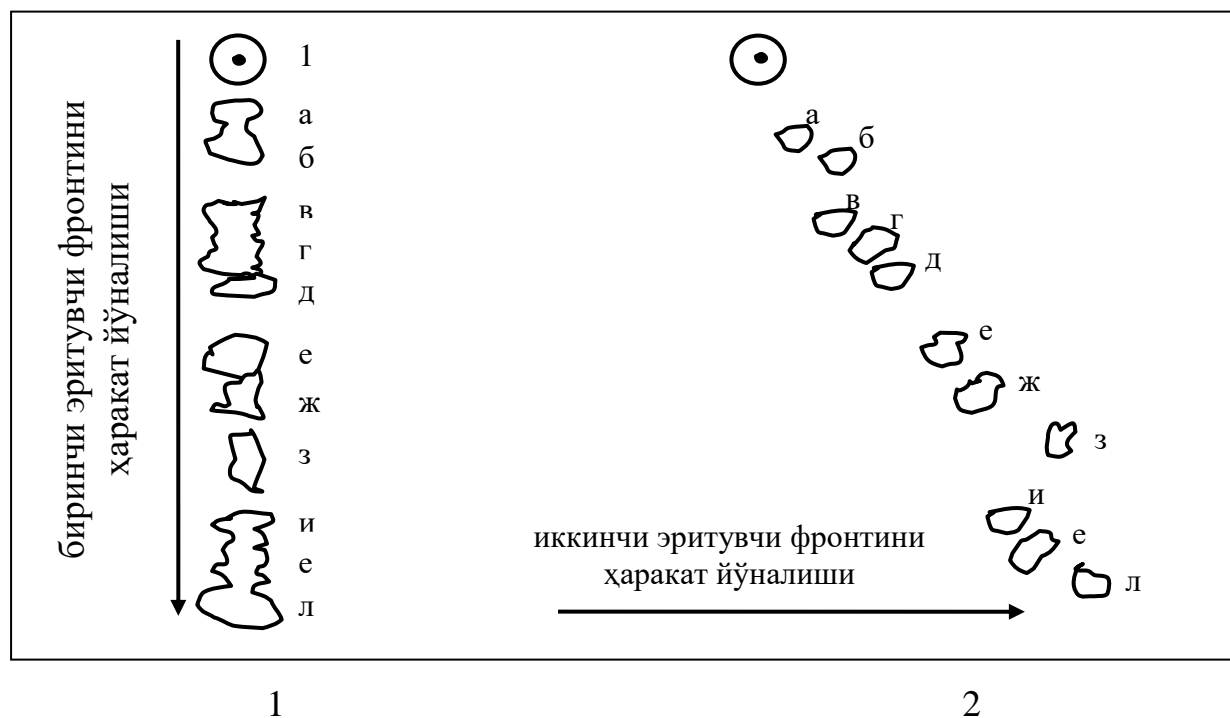
Расм 2.53. Қоғозда
гувоҳлар ёрдамида
хроматографиялаш:
1 - тадқиқот этилаётган
эритмани томизилган
томчиси;
а, б, в, г, д – шартли
моддалар (гувоҳлар).

Аниқлаш техникасига кўра бир ўлчовли, икки ўлчовли ва айланма хроматографияга ажратилади.

Бир ўлчовли хроматография юқорида келтирилгандан деярли фарқланмайди. Энг аввал намуналар сони ҳисобланади, сўнгра эса, эритма қоғоз четидан 1 см дан кам бўлмаган масофада, кейинги эритмалар эса бири-биридан 1,5-2 см узоқликда томизилишини ҳисобга олган ҳолда, зарур бўлган кенгликдаги фильтр қоғози тасмалари қирқиб олинади. Қоғозни узунлиги уни зичлиги ва камера ўлчамларига боғлиқ. Одатда 35-50 см узунликдаги қоғоз олинади. Қоғозни бир четидан 4-5 см масофада оддий қора рангдаги қалам ёрдамида чизиқ чизилади ва унда майда доирачалар шаклида эритмаларни томизилиш жойлари белгиланади. Хроматографик таҳлилни кейинги босқичлари юқорида келтирилган тартибда амалга оширилади. Шунини таъкидлаш керакки, **пастга интилувчи хроматографияда** қоғозни доғлар туширилган томони эритувчи солинган идишга маҳкамланади ва эритувчи fronti қоғоз бўйлаб юқоридан пастга қараб ҳаракатланади. **юқорига интилувчи хроматографияда** эритувчи сорлинган идиш камерани тубида жойлаштирилади. Кейин қоғозни доғлар

туширилган томони пастга қаратиб осилтирилади ва қоғозни пастки чеккаси эритувчига ботирилади. Бунда эритувчи капилляр кучлар таъсирида аста-секин юқорига кўтарилади, туширлиган доғлар орқали ўтиб моддаларни ўз харакатланиши йўлида тақсимлайди. Бир ўлчовли хроматография R_f қийматига кўра бир-биридан катта фарқланадиган унчалик кўп сонли бўлмаган моддаларни ажратишда қўлланилади. Тадқиқот этилаётган моддалар ўз структурасига кўра бир-бирига ўхшаш бўлиб, жуда яқин R_f қийматларига эга бўлишса, улар хроматограммада аниқ ажралмаса, унда икки ўлчовли хроматографиядан фойдаланиш тавсия этилади.

Икки ўлчовли хроматографияда бир ўлчовли хроматографиядан фарқли равишда тадқиқот этилаётган моддалар икки марта турли эритувчиларда ривожлантирилади. Бунда биринчи ривожлантириш бир ўлчовли хроматография каби вертикал йўналишда олиб борилса, иккинчи ривожлантириш эса биринчи эритувчи қуритиш йўли билан чиқариб юборилгач, бошқа эритувчида биринчи эритувчи фронтини йўналишига нисбатан горизонтал ҳолда амалга оширилади. Иккинчи хроматографиялаш бошқа камерада ўтказилади. Хроматограммани ривожлантириш яқунланганч, қоғоз камерадан чиқариб олинади, эритувчини чиқариб юбориш мақсадида қуритилади ва рангни намоён этиш ўтказилади. Икки ўлчовли хроматографияни ўтказишда тадқиқот этилаётган моддалар концентрацияси бир ўлчовли хроматографияга нисбатан 2-3 марта юқори бўлиши керак ва тадқиқот этилаётган эритмани фақат биргина доғи қоғозни чап бурчаги томонларидан 5 см масофада туширилади. Қоғозни ўлчами 50-55 см ни ташкил этади.



Расм 2.54. Моддаларни эритувчиларда жойлашиши:
1-биринчисида; 2-иккинчисида.

Таҳлил ўтказишдан олдин шундай эритувчилар жуфти танланиши керакки, уларда намунадаги моддаларни R_f қиймати ўзаро етарлича фарқланиб турсин. Хроматографиялаш якунлангач, тадқиқот этилаётган моддалар рангли намоён этилади ва хроматограммада бир бирикма учун олдиндан ҳисобланган R_f қийматларга кўра тадқиқот этилаётган моддалар идентификация қилинади. R_f ни аниқлаш учун гувоҳлар дастлабки ўхшаш хроматографиядан ўтказилган бўлиши керак. Расм 2.54 да 1, а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л шартли моддаларни хроматограммада, уларни бииринчи А ва иккинчи Б эритувчиларда намоён этилгандан кейинги жойлашуви кўрсатилган.

Айланма хроматография юқоридагилардан хроматографияда ишлатиладиган фильтр қоғоз шакли билан фарқланади. Бунда доира шаклидаги қоғоз ишлатилади ва уни ўлчамлари хроматографик камера ўлчамларига мос келади. Хроматографик камералар сифатида эксикаторлар, Петри лycopчаси ва бошқалар ишлатилиши мумкин. Қоғозни диаметрига кўра уни марказида қалам билан диаметри 1-2 см бўлган доира чизилади, доира

ёйида эса доғларни тушириш учун майда доирачалар белгиланади. Сўнгра қоғозни бу доирасидан уни радиуси бўйича қоғоздан ажратмаган ҳолда “думча” кўринишидаги тасма қирқилади, сўнгра қоғозга тадқиқот этилаётган эритма доғ кўринишида юқорида кўрсатилганидек томизилади ва камера тубида эритувчи солинган идиш жойлаштирилади. Дастлаб қоғоз камерада эритувчига тегмаган ҳолда бир соат давомида сақлангач, уни “думчаси” эритувчига туширилади ва камера зич ёплади. Капилляр кучлар таъсирида эритувчи “думча” орқали кўтарилиб, фильтр қоғозни диски бўйича радиал тарқалади ва ўз ҳаракати йўлида доғлардаги бирикмаларни тақсимлайди.

Қоғоздаги хроматографик таҳлилни миқдорий усулларини уч гуруҳга бўлиш мумкин: элюатлар оптик зичлигини фотометрик аниқлаш; доғлар юзаларини ўлчаш; хроматограммадаги моддаларни бевосита денситометрик аниқлаш.

Элюирлаш усули миқдорий хроматографияда кенг тарқалган бўлиб, унда $\pm 1\%$ чегарасидаги аниқликка эришилади. Бу усулда доғлар қирқиб олинади, ундаги модда элюация қилинади ва уларни концентрацияси эритмани оптик зичлигига кўра фотоэлектроколориметрик усулда аниқланади. Бунда назорат эритмаси сифатида тоза эритувчи эмас, балки қоғозни тадқиқот этилаётган зонага яқин жойини элюати ишлатилади. Эритмани оптик зичлиги бўйича калибрланган графиклар ёрдамида тадқиқот этилаётган моддаларни элюатлардаги концентрацияси аниқланади. Сўнгра иш давомидаги барча суюлтиришларни ҳисобга олган ҳолда маҳсулотдаги моддалар миқдори аниқланади.

Маълум шароитларда, хусусан старт чизиғига модда эритмаларини бир хил ҳажмдаги майда доғлари ўтказилса, хроматографиялашда олинadиган доғлар юзалари ҳар бир доғдаги модда концентрациясини логарифмига пропорционал эканлиги аниқланган. Хроматографик таҳлилни **доғлар юзаларини ўлчаш усули** айнан шу боғлиқликка асосланган бўлиб, доғлар яққол чегараларга эга бўлганида, усулни аниқлиги $\pm 5-10\%$ ни ташкил этади. Агар доғлар диффузион бўлса, уларни фото нусхасини олиш тавсия этилади.

Яхши натижалар доғларни бўялиш интенсивлигини ўлчаш орқали олиниши мумкин. Бу **денситометрик** усул ҳисобланиб, унда хроматограммадаги доғлар орқали ўтган монохроматик ёруғлик улуши фотометрик усулда аниқланади. Доғларни оптик зичлиги модда концентрациясини логарифмига пропорционал. Агар доғлар бир-бирини қопламаган ва улар доира ёки эллипс шаклида бўлса, ушбу усул ёрдамида модда концентрациясини $\pm 1-2\%$ аниқлик билан аниқлаш мумкин.

Қоғоздаги тақсимловчи хроматография озиқ-овқат маҳсулотларидаги фенолларни, аминокислоталарни, углеводларни тадқиқот қилишда кенг ишлатилади. Шунингдек, бу хроматографик усул углеводларни ўзгаришида ҳосил бўладиган органик кислоталарни ажратишда, ўсимлик пигментлари, олий спиртлар, альдегидлар, мураккаб эфирларни тадқиқот этишда ва ўсимлик, ҳайвон маҳсулотларидаги хлор органик қолдиқларни аниқлашда ишлатилади.

2.6.4. Юпқа қатламли хроматография

Юпқа қатламли хроматография (ЮҚХ) қоғозли хроматографияни бир тури ҳисобланади. Бунда эркин осилиб турувчи қоғоз тасмалари ўрнида юпқа қатламли сорбент суртилган шиша пластинкалар ишлатилади. Бундай қатламни старт чизиғига тадқиқот қилинаётган маҳсулотлар аралашмаси суртилади ва пластинкани старт чизиғидан пастки қисми эритувчиларга чўктирилади. Суюқликни пластника бўйлаб ҳаракатланиши давомида адсорбция, тақсимланиш, ионалмашинув кучларини ёки бу санаб ўтилган омилларни биргаликдаги таъсири оқибатида моддалар аралашмасини ажралиши содир бўлади.

ЮҚХда қуйидаги сорбентлар ишлатилади:

- липофил моддаларни ажратиш учун:
 - силикатлар, алюминий оксиди, ацетилланган целлюлоза, полиамидлар;

- гидрофил моддаларни ажратиш учун:

- целлюлоза, целлюлоид ионалмаштиргичлар, кизельгур, полиамидлар.

ЮҚХда ўзгартирилган сорбентлар ишлатилади. Улар ўзига хос функционал гуруҳларга эга бўлган комплекслар ҳосил қилувчи материалларни адсорбентларга шимдириш йўли билан ҳосил қилинади.

Шунингдек, ЮҚХда полиамид кукунлар, ионалмаштирувчи смолалар, сефадекслар ва бошқалар ҳам ишлатилади.

Моддаларни ЮҚХ ёрдамида самарали ажратиш учун сорбент ва тегишли эритувчини танлаш муҳим аҳамиятга эга. Тўғри танланган эритувчи сорбентни ажратувчанлик қобилиятини кучайтиради. Одатда, ЮҚХда бир, икки ва кўп компонентли эритувчилар тизими ишлатилади.

Эритувчилар эмпирик йўл билан ажратиладиган компонентларни кутбланганлигини ва эритувчилар кутбларини ҳисобга олган ҳолда танланади. Эритувчилар, уларни элюирлаш кучини ошиш тартибида қуйидагича жойлашган: гексан, гептан, циклогексан, углерод тўрт хлориди, бензол, хлороформ, эфир, этилацетат, пиридин, ацетон, этанол, метанол, сув.

ЮҚХни амалий бажариш пластинкаларини тайёрлашдан бошланади. ЮҚХ пластинкалари шиша, алюмин фольгаси ёки пластмассадан тайёрланиши мумкин. Тайёрланган сорбцион массани юпқа қатлами пластникада маҳкамланмаган, эркин сочилган ва махсус боғловчи агент (гипс, крахмал) ёрдамида маҳкамланган бўлиши мумкин. Сорбент пластника юзасига сувли суспензия кўринишида суркалиши, пуркалиши ва пластника суспензияга ботириб олиниши мумкин. Сорбент қатлами суртилган пластинкалар горизонтал юзаларда 3-24 соат давомида қурилади. Тайёр пластникалар органик шишадан тайёрланган махсус шкафларда (ёки эксикаторларда) сақланади.

Кўп ҳолларда ишлаб чиқариладиган тайёр хроматографик пластникалардан фойдаланилади.

Тадқиқот қилинаётган моддалар пластинкага, уларни кутбланмаган учувчи эритувчидаги 5-10 %ли эритмалари кўринишида суртилади. Эритувчи

кутбланмаган (намуна доғини ёйилмаслиги учун) ва учувчан (намоён эттириш олдидан тез буғланиб кетиши учун) бўлиши керак. Намуна махсус колибрланган капилляр ёки микропипетка билан пластникани пастки қисмидан 1,5 см масофада доғлар ёки узлуксиз чизик кўринишида суртилади. Доғлар диаметри 2-4 мм ни, улар марказлари ўртасидаги масофа эса 10-15 мм ни ташкил қилади.

Пластникада моддаларни хроматографиялаш (ажратиш) герметик ёпилган камераларда ўтказилади. Хроматографиялаш юқорига интилувчи усулда амалга оширилади ва бунда ҳаракатчан фаза қатлам орқали капилляр кучлар ёрдамида кўтарилади. Камера эритувчи буғлари билан тўйинган бўлиши керак. Хроматографиялаш учун пластникани старт чизигидан пастки қисми камерага қуйилган ҳаракатчан эритувчига жойлаштирилади. Камерадаги эритувчи қатлами 0,5 см ни, пластникани ботириш чуқурлиги эса 5-8 мм ни ташкил қилади. Ҳаракатчан фазани сорбент бўйича кўтарилиши 10-11 см дан ошмаслиги керак, акс ҳолда суюқлик ҳаракатланишини сустлашиши, доғларни диффузияси ва оқибатда R_f катталигини катта тебранишлари кузатилади.

Хроматограммада ажралган рангсиз моддалар ҳолатини аниқлаш учун улар билан кимёвий таъсир қила оладиган реактивлар эритмалари пластинкага пуркалиши керак. Доғларни намоён бўлиши учун пластинкалар қуритиш шкафида 100-150 °С гача иситилади.

Қоғоздаги хроматографияда ишлатиладиган кўпгина намоён этувчилар ЮҚХда ҳам ишлатилиши мумкин. Намоён эритувчиларни қуйидаги икки гуруҳини фарқлаш мумкин, яъни умумий мўлжалланган (турли бирикмалар билан таъсир этувчи) ва махсус мўлжалланган (маълум бирикма ёки функционал гуруҳни мавжудлигини аниқлаш учун). ЮҚХда фойдаланиладиган универсал намоён этувчилардан бири йод буғлари ҳисобланади. Махсус намоён этувчилардан о-дианизидин (альдегидларни аниқлашда), яшил бромкрезол (кислоталарни оксидлашда) ва бошқалар ишлатилади.

Ажралган моддалар ҳолати R_f ни ўлчаш воситаси билан аниқланади.

Пластиналарда ажралган моддаларни миқдорий аниқлаш доғлар юзаларини ўлчаш ёки уларни фотоденситометрлаш орқали аниқланади. Бундан ташқари, ЮҚХ усули модда доғини қатлам юзасидан оддий десорбция қилиш ва уни турли кимёвий ва физик-кимёвий усуллар билан идентификация қилиш имконини беради.

Ҳозирги кунда ЮҚХ липидларни, фосфолипидларни фракциялашда, витаминларни, маҳсулотлардаги пестицидларни қолдиқ миқдорини, мева ва сабзавотлардаги ди- ва учкарбон кислоталарни аниқлашда, углеводлар ва аминокислоталарни ажратишда кенг ишлатилади.

2.6.5. Колонакали хроматография

Моддаларни хроматографик ажратилиши олиб бориладиган колонка одатда, шишадан, кам ҳолларда, зангламас пўлат, алюминийдан тайёрланган бўлиб, цилиндр ёки конус шаклида бўлиши мумкин. Колонка узунлиги бир неча сантиметрдан 5-20 м гача, уни диаметри эса бир неча миллиметрдан 5-15 см гача бўлиши мумкин.

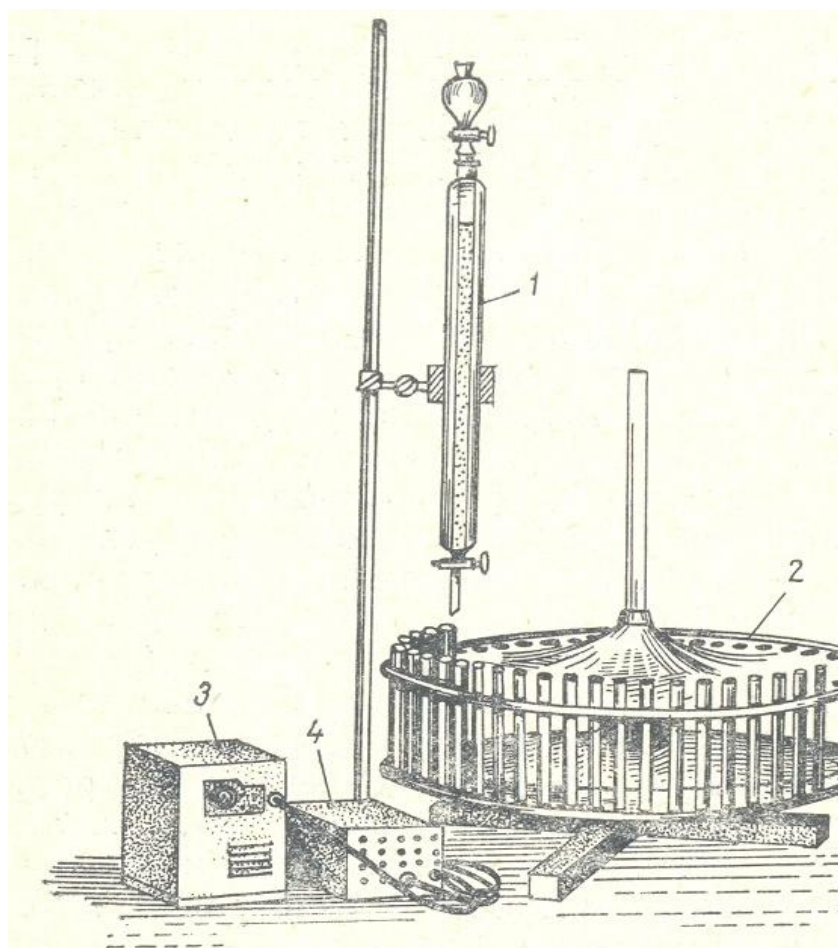
Колонкалар босим (одатда, гель-хроматография учун), ёки сийракланиш (ион алмаштирувчи хроматография учун) остида ишлаши мумкин. Колонкадаги хроматграфик ажратишни асосий шарти унга тадқиқот қилинаётган аралашма ва сиқиб чиқарувчи ёки намоён этувчи суюликқни бир меърёда берилиши ҳисобланади. Бу шартни бажарилишига колонкани юқори қисмига суюкликни идиш ёрдамида даврий равишда қуйиб туриш орқали эришиш мумкин. Оқимни тезлиги колонка диаметрига боғлиқ ҳолда 0,5-3 мл/мин ни ташкил қилади.

Расм 2.55 да оддий суюликли хроматография қурилмаси тасвирланган. Шишали колонкани юқори қисмида эритувчи учун томчили воронка ўрнатилган. Колонкани пастки учи капилляр кўринишида бўлиб, эритувчи оқими тезлигини ўзгартириш жўмраги билан таъминланган жўмраги олдидан

говвак тўсиқча кавшарланган. Колонка термостатланадиган шишали кўйлақга жойлаштирилган. Колонка ажратиш учун ишлатиладиган эритувчида тайёрланган суспензия билан тўлдирилади. Тайёрланган суспензия қуйилаётганда кран очик бўлиши керак. Бунда эритувчи колонка орқали ўтади, сорбент эса филтлда тутилиб қолади. Колонка тўлдирилгач, томчили воронка уланади ва жўмрак ёрдамида эритувчини колонка орқали маълум оқиб ўтиш тезлиги ўрнатилади.

Намуна микропипетка ёки микрошприц билан киритилади. Аратиладиган моддалар аралашмаси колонкага ундаги эритувчини сорбент устидаги қатлами, уни юқори чегарасига тушганида қуйилади. Сўнгра эҳтиёткорлик билан эритувчини сорбент устидаги баландлиги 1-2 см ни ташкил этгунича эритувчи қуйилади ва бу сатҳ томчили воронка ёрдамида ажратиш вақтида сақланади. Ажратиш эритувчини бериш лаҳзасидан бошланади. Колонкадан оқиб чиқаётган эритувчи махсус фракция тўплагичлар ёрдамида маълум вақт ораликларида тўпланиб борилади. Ҳар бир пробиркадаги суюқлик таҳлил этилиб (кўп ҳолларда эритмани оптик зичлиги аниқланади), аралашма компонентларини концентрациясини колонка орқали эритма ҳажмига боғлиқлиги графика тузилади.

Аралашмани колонкаларда ажратишни қуйидаги усулларини фарқлаш қабул қилинган: тақсимловчи (ССХ) адсорбцион (КСХ), ионалмаштирувчи ва гель-филтрация хроматографияси.



Расм 2.55. Хроматографиялаш колонкаси ва фракцияларни автоматик тўплагичи:
1-колонка; 2-айланувчан коллектор; 3-микронасос; 4-бошқарув шкафи.

Тақсимловчи хроматографияда ҳаракатсиз фаза қаттиқ элтувчи билан боғланган суюқлик ҳисобланади. Ҳаракатчан фаза сифатида эритувчи билан ювилмайдиган турли суюқликлар ишлатилади. Қаттиқ элтувчи сифатида силикагель, алюминий оксиди, целлюлоза ишлатилади. Бу усулда қоғоздаги хроматография усулида ажратиладиган моддалар синфини, яъни гидрофил бирикмалар (аминокислоталар, қандлар) ва липофил моддаларни (ёғ кислоталари, алкалоидлар) ажратиш имконини беради.

Адсорбцион колонкали хроматографияда ҳаракатсиз фаза қаттиқ модда (силикагель, алюминий оксид ива бошқалар) ҳисобланади. Хроматографик ажралиш компонентларни ҳаракатчан суюқ ва ҳаракатсиз қаттиқ фаза ўртасида тақсимланиши адсорбцияси натижасида содир бўлади. Адсорбцион хроматография каротиноидлар, стеринлар, витаминларни аниқлашда,

шунингдек, липидлар ва фосфолипидларни алоҳида гуруҳларга фракциялашда фойдалиналади.

Ионалмаштирувчи хроматографияда оддий адсорбция ўрнида ионлар адсорбцияси содир бўлади. Ион алмаштирувчи хроматография молекулалари эритмада диссоцилланадиган моддаларни ажратишни самарали усули ҳисобланади. Усул электролитлар аралашмаларини ажратишда ўз ионларини эритмадаги электролит ионларига алмаштириш қобилиятига эга бўлган ионит ёки ион алмаштиргичлардан фойдаланишга асосланган. Ион алмаштирувчи хроматография ёғ кислоталарини ажратиш, метиллашда ва аминокислоталарни таҳлил этишда ишлатилади.

Молекуляр – элак хроматографияси оксилларни ажратишда кенг ишлатилади. Бу усул моддалар аралашмасини, уларни молекула ўлчамларига кўра юқори ғоввакликка эга бўлган гел ёрдамида ажратишни назарда тутди. Бунда ажратиладиган модда молекулалари, уларни ўлчамига кўра шишган гелни тўлдирадиган ҳаракатчан эритувчи ва турғун эритувчи ўртасида тақсимланади. Молекулаларни гел элаки орқали ўтиши тезлиги, уларни гранулалаларга сингиши ва уларда сақланиб қолиши қобилиятига боғлиқ.

Назорат саволлари:

- 1. Озиқ-овқат маҳсулотларини физик-кимёвий таҳлил этишини мақсади нималардан иборат?*
- 2. Озиқ-овқат маҳсулотларини нисбий зичлиги тушунчаси нимани англатади?*
- 3. Нисбий зичликни пикнометрик ва ареометрик аниқлаш усуллари моҳияти ва таҳлил ўтказиш тартибини тушунтиринг.*
- 4. Асосий реологик тушунчаларга изоҳ беринг.*
- 5. Дисперс тизимларни қандай структура турлари фарқланади?*
- 6. Структура-механик хусусиятлар қандай тадқиқот қилинади?*
- 7. Озиқ-овқат маҳсулотларини реологик тавсифлари қандай асбобларда аниқланади?*

8. Капилляр вискозиметрларда суюқлик қовушқоқлиги қандай аниқланади?
9. Пенетрометрларда қандай кўрсаткичлар аниқланади? КП-3 конусли пластометрида қандай структура-механик тавсиф аниқланади?
10. “Инстрон-1122” универсал синов машинасида қандай реологик тавсифларни аниқлаш мумкин?
11. Поляриметрик усул моҳияти нимадан иборат?
12. Поляризацияланган нур қандай ҳосил қилинади?
13. Моддаларни оптик фаоллиги нима?
14. Оптик фаол моддаларни поляризацияланган нурни солиштирма буриши бурчаги нима?
15. Сахариметр поляриметрдан нима билан фарқланади?
16. Сахариметрни шкаласи қандай даражаланган? “Нормал намуна” ва “нормал трубка” нима?
17. Сахариметр билан ишлаш тартибини тушунтиринг.
18. Айланма поляриметр оптик схемасидаги фарқли жиҳатлар нимадан иборат?
19. Синдириш кўрсаткичи нима? Модда синдириш кўрсаткичи қандай омилларга боғлиқ?
20. Тадқиқот этилаётган моддани синдириш кўрсаткичи қандай аниқланади? Чегаравий тушиши бурчаги ва тўлиқ ички аксланиш тушунчаларини изоҳланг.
21. Аббе туридаги рефрактометрларда ўлчашлар қандай амалга оширилади?
22. РПЛ-3 озиқ-овқат рефрактометрини фарқли жиҳатлари нимадан иборат? РПЛ-3 да таҳлил қандай тартибда ўтказилади?
23. Прецезион рефрактометрлар бошқа рефрактометрлардан нима билан фарқланади?
24. Пульфрих рефрактометрлари қандай тузилишга эга?
25. Колорометрияни асосий қонуни моҳиятини тушунтиринг.

26. Моляр ютилиши коэффициентни нима? Ёрузлик ютилиши спектрлари қандай тузилади?
27. Эритмаларни бўялиши интенсивлиги қандай усулларда аниқланади?
28. Бўялиши интенсивлигини фотоэлектрик ўлчаишда қандай асбоблар ишлатилади?
29. Бир нурли КФК-2 фотоэлектрик колориметрини тузилиши ва унда ўлчаишни ўтказиши тартибини тушунтиринг.
30. Икки фотоэлементли фотоколориметрларни оптик схемаси қандай тузилган? Бу асбобларда ўлчаиш қандай амалга оширилади?
31. Эмиссион ва абсорбцион спектроскопия нимани тадқиқот этишига йўналтирилган?
32. Нурланишини моддалар Билан ўзаро таъсири нимага асосланади?
33. Фотоэлектрик спектрофотометрлар қандай қисмлардан тузилган?
34. Спектрофотометр иш принципини тушунтиринг?
35. спектроскопия асосини ташкил этувчи қонунлар моҳияти нимадан иборат?
36. Ютилиши спектрларни шакли қандай омиллар Билан белгиланади?
37. Абсорбцион спектроскопия озиқ-овқат маҳсулотларини қандай хусусиятларни тадқиқот этишига қаратилган?
38. Инфрақизил спектроскопияни овқатланиши маҳсулотларини тадқиқот этишидаги имкониятларини изоҳланг.
39. ИҚ спектроскопияни ютилиши спектрлари қандай омиллар Билан белгиланади?
40. Атом абсорбцион спектрофотометр ишлашини тушунтиринг.
41. С-115 атом абсорбцион спектрофотометри қандай режимларда ишлайди?
42. Абсорбцион таҳлилда намуналарни таҳлилга тайёрлаш хусусиятларни изоҳланг.
43. Масс-спектроскопия таҳлил усулини моҳияти ва имкониятларни тушунтиринг.

44. Люминесцент таҳлил ёрдамида озиқ-овқат маҳсулотларини қандай хусусиятларини тадқиқот этиши мумкин?
45. ФЖМ-8 флуорометрия иш принципини тушунтиринг.
46. Хроматографик усулни моҳияти нимада? Хроматографик усулларни қандай турлари мавжуд?
47. Газли хроматограф қандай тузилган?
48. Газли хроматографиядаги хроматограммалар қандай идентификация қилинади?
49. Қозондаги тақсимловчи хроматографияни моҳиятини тушунтиринг.
50. Бир ўлчовли, икки ўлчовли ва айланма хроматография қандай ўтказилади?
51. Юпқа қатламли хроматографияни моҳияти ва қўлланилиш соҳаларини тушунтиринг.
52. Колонкали хроматография нима? Аралашмани колонкада ажратишни қандай усуллари мавжуд?

3 БОБ

Озиқ-овқат маҳсулотларини кимёвий тадқиқот усуллари

Кимёвий услублар ёрдамида озиқ-овқат маҳсулотларидаги намлик, кул моддаси, титрланадиган кислоталик, ош тузи, шакар клетчатка, ёғ, оксил моддалари, шунингдек витаминлар ва ферментлар миқдори аниқланади.

3.1. Озиқ-овқат маҳсулотларини намлигини аниқлаш

Намлик кўрсаткичи хом-ашё, ярим тайёр маҳсулот ва тайёр маҳсулотларни сифатини баҳолашда ўта муҳим ҳисобланади. Обектдаги намлик миқдорини билиш энг аввало уни энергетик қийматини аниқлаш учун зарур. Маҳсулотда сув миқдори қанчалик юқори бўлса, уни бирлик моссасига тўғри келувчи фойдали қуруқ моддалар миқдори ҳам шунчалик кам бўлади. Маҳсулотдаги юқори ёки паст намлик нафақат ундаги қуруқ моддалар миқдорини, шунинг билан бирга уни сақлаш ва қайта ишлашга яроғлилигини белгилайди. Меъёридан юқори намлик, жумладан маҳсулотни чириши ва парчаланишини келтириб чиқарувчи микроорганизмларни ривожланишига кўмаклашади, ундаги ферментатив кимёвий ва бошқа жараёнларни тезлаштиради. Шунинг учун ҳам обектдаги, намлик миқдори уни сақлаш шароити ва муддатларини белгилайди. Бундан ташқари, хом-ашёни намлиги корхонаси техник-иқтисодий кўрсаткичларига таъсир қилади. Масалан, ун намлигини 1 %га ошиши нон чиқишини 1,5-2 %га пасайтиради.

Намликни аниқлаш учун кўпгина усуллар тавсия этилган бўлиб, улар одатда бевосита ва билвосита усулларга бўлинади. Бевосита усулларга намликни сувни буғ кўринишида ажратиш йўли билан аниқлайдиган, сувсиз эритувчилар билан сувни ҳайдашни назарда тутувчи ва сувни қандайдир

реагент билан кимёвий ўзаро таъсирга асосланган кимёвий усуллар тегишли.

Билвосита усулларга термогравиметрик (қуритиш усуллари), физикавий (қуруқ моддаларни нисбий зичлик катталигига кўра ёки рефрактометрларда аниқлаш) ва шунингдек электрик (намлик ҳақида электрўтказувчанлик, диэлектрик, доимийлик ва бошқаларга кўра хулоса чиқарилади) усуллар мансуб.

3.1.1. Намликни бевосита аниқлаш усули

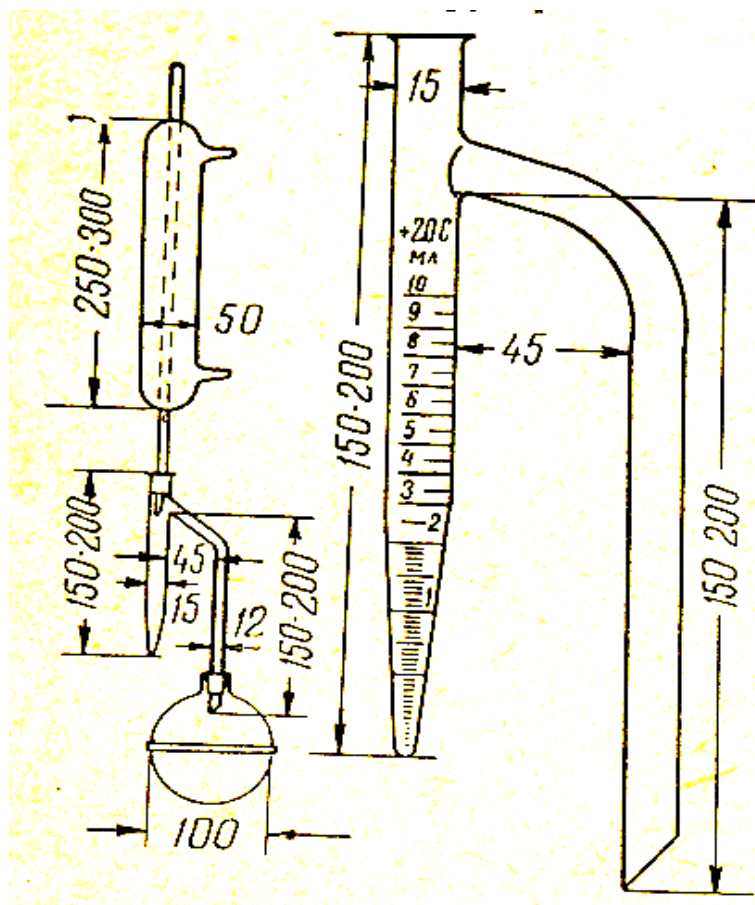
Тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги сувни у билан аралашмайдиган бошқа суюқлик билан биргаликда, бир вақтда, ҳайдаш йўли билан чиқариб юбориш мумкин. Бу усул ҳайдаш усули деб ҳам номланади. Усул ўзаро аралашмайдиган бинар аралашмаларни ҳар бир компонентни қайнаш нуқтасига депрессия бериш хусусиятига асосланган. Масалан, сув ва бензол аралашмаси, дистиллятдаги сув миқдор 8,8 % бўлганида, 69,3 °С ҳароратда қайнай бошлайди (бензолни қайнаш ҳарорати 80,2 °С).

Сув билан аралашмайдиган суюқлик сифатида сувдан енгил ёки оғир бўлган суюқликлар ишлатилади. Амалиётда сувдан енгил бўлган суюқликлардан фойдаланиш қулай. Бу усул асосан енгил учувчи моддаларга эга бўлган озиқ-овқат маҳсулотларидаги (зираворлар) ва шунингдек ёғга бой маҳсулотлардаги намликни аниқлашда фойдаланилади.

Асбоб ва жиҳозлар: Сувдан енгил бўлган суюқликлар учун ҳайдаш колбаси, ўлчов бюреткаси ва совутгичдан иборат асбоб ишлатилади. Асбоб конструкцияси расм 3.1 да келтирилган. Колба ҳажми тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги ва олинган намуна ўлчамига боғлиқ ҳолда танланади (одатда колба ҳажми 150-250 мл) ва ўлчов бюреткасида 2 мл дан кам бўлмаган миқдорда сув сиғиши лозим (бюретка диаметри 2 мм бўлиши керак), иситиш асбоби (қумли ёки глицеринли ҳаммом, бензол ишлатилганда – сувли ҳаммом).

Реактивлар. Бензол, ксилол, толуол, амил спирти, скипидар ёки

бензин, хромли аралашма, пемза.



Расм 3.1. Намликни бевосита аниқлаш асбоби (ўнгда – ўлчов бюреткаси).

Ишни бажариш тартиби.

Сув томчиларини деворларга ёпишиши олдини олиш мақсадида, намликни аниқлаш асбоби уни ишлатилиши олдиан хромли аралашма билан яхши ювилади.

Маҳсулотни майдаланган намуна ўлчамини ҳайдаш колбасига жойлаштиришда ундаги сув миқдори 0,5 мл дан кам бўлмаслиги ва ўлчов бюреткасини ҳажмидан

катта бўлмаслиги ҳисобга олиниши керак. Ҳайдаш колбасига солинаётган эритувчи уни маҳсулот намуна ўлчами билан биргаликдаги ҳажми колба ҳажмини яримидан ошмаслиги ҳисобидаги миқдорда олинади. Колбадаги аралашмани бир хил қайнаши ва ҳайдашни тезлаштириш учун оз миқдорда пемза солиш тавсия қилинади. Асбоб йиғилгач, колба аста-секин иситилади, ундаги аралашма эҳтиёткорлик билан қайнаш ҳолатигача етказилади ва ҳайдаш охиригача бир меъёрдаги қайнаш сақлаб турилади. Ўлчов бюреткасида тўпланаётган суюқлик юқори қатламини тиниқлашиши ва уни миқдори ошмасдан, ўзгармас сақланиши ҳайдаш якунланганидан далолат беради. Ҳайдаш одатда, 0,5-1 соат давом этади. Ўлчов бюреткасидаги ҳайдалган сув миқдори, хона ҳароратида, миллилитрларда қайд қилинади.

Эритувчи қатлами остидаги сув менискини ўзгарувчанлиги тегишли тузатиш киритилишини тақозо қилади. Диаметри 12 мм бўлган бюретка учун тузатиш 1 мл сувга 0,09 мл ни ташкил қилади. Зарур бўлган ҳолларда, дистилляция пайтидаги йўқотишлар учун киритиладиган тузатиш, аниқ ўлчанган сув ҳажмини ҳайдаш йўли билан аниқланади.

Тузатиш 2 мл сув учун 0,2 мл ни ташкил этиши мумкин. Эфир мойлари аниқлашга таъсир қилмайди, чунки улар ҳайдаш учун фойдаланиладиган суюқликда эрийди. Ўлчов бюреткасидаги эритувчи тиниқ бўлмаса, у ҳолда бюреткадагини тиндириш учун уни 25 мин давомида иссиқ сувда сақлаш ва хона ҳароратигача совутилгач, сув ҳажмини ўлчаш тавсия қилинади.

Ҳисоблаш. Тадқиқот этилаётган намуна ўлчамидаги сув миқдори X (фоизларда) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = \frac{V \cdot 0,9982 \cdot 100}{g},$$

бу ерда: 0,9982 - сувни 20 °С даги зичлиги;

V - сув ҳажми, мл;

g - намуна ўлчами, г.

3.1.2. Намликни қуритиш йўли билан аниқлаш

Билвосита усуллар ўртасида намликни қуритиш шкафларида қуритилгандан кейин қуруқ қолдиқ бўйича аниқлаш усули кенг тарқалган.

Маҳсулотдаги гигроскопик намлик тадқиқот этилаётган намуна ўлчамидаги сув буғи босими уни қуритиш камераси атмосферасидаги буғ босимига нисбатан катта бўлган ҳолларда чиқариб юборилади. Бу босимлар фарқини қуритиладиган намуна ўлчами ҳароратини ошириш ёки намликни атмосферадан чиқариб юбориш ёки иккаласини биргаликда қўллаш орқали ошириш мумкин.

Мумкин қадар қуритиладиган маҳсулотни парчаланиши кузатилмайдиган ҳароратгача иситиш тавсия қилинади.

Қўлланиладиган усулларга боғлиқ ҳолда қуритиш қуйидаги шароитларда ўтказилиши мумкин:

- нормал атмосфера босими ва юқори ҳароратда (55°C дан юқори);
- паст атмосфера босими (сийракланиш ва юқори ҳароратда);
- паст атмосфера босими (сийракланиш) ва паст ҳароратда (0°C дан паст).

Ушбу усулларни танлаш тадқиқот қилинаётган маҳсулотни физикавий ҳолати, ундаги тахминий сув миқдори, уни маҳсулот билан боғланиш мустаҳкамлиги, шунингдек, қулайлиги, таҳлилни давомийлиги ва талаб қилинадиган аниқлик каби омилларга боғлиқ. Бу усуллар маҳсулотни намлиги билан бир вақтда ундаги қуруқ моддалар миқдорини аниқлаш имконини ҳам яратади.

Намликни нормал атмосфера босими ва юқори ҳароратда қуритиш йўли билан аниқлаш. Ушбу усул озиқ-овқат маҳсулотларидаги намликни аниқлашда кенг ишлатилади. Юқори ҳарорат ва нормал атмосфера босимида маҳсулотдан нафақат намликни, буғланиш, шунингдек учувчи моддаларни (NH_3 , CO_2 , эфирлар, учувчи кислоталар, паст молекуляр спиртлар ва бошқалар) ҳам чиқариб юборилиши рўй беради. Бундан ташқари, юқори ҳароратда маҳсулот таркибий қисмларини учувчи моддалар ҳосил қилиб, парчаланиши эҳтимоли ҳам юқори. Бошқа томондан маҳсулотни қуритилишида уни массасини ошишига сабаб бўлувчи физикавий ва физик-кимёвий жараёнлар (ҳаво кислороди ёрдамида тўйинмаган бирикмаларни оксидланиши) содир бўлиши мумкин. Шунини таъкидлаш лозимки, қуритилган маҳсулотда ҳамма вақт коллоидлар билан боғланган оз миқдордаги намликни (“боғланган” сув) сақланиб қолиши мумкин. Шунинг учун, юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда, қуритиш усули билан олинган намлик катталиги маҳсулотдаги фактик намликни жуда яқин таърифлашини эътироф қилиш мумкин. Ўзгармас массагача ва бир маротабали (маълум вақт давомида) қуритиш фарқланади. Қовушқоқ маҳсулотлар (сут маҳсулотлари, ёғлар, консервалар) кум билан, баъзи ҳолларда эса сувсиз парафин ёки

сувсизлантирилган пиширилган сариёғ билан (пишлоқлар, сузма ва бошқалар) қуритилиши мумкин. Бунда сувни буғланиши юзаси ошади ва демак, намлигикни аниқлаш тезлашади.

Тадқиқот этилаётган маҳсулот хусусиятларига кўра олинадиган намуна ўлчами 3-10 г ни ташкил этади. Қаттиқ консистенцияга эга бўлган маҳсулотлар намуна ўлчами олинishi олдидан майдаланиши лозим. Аммо, бу операция жуда тез ва намликни намуна ўлчамини тайёрлаш жараёнидаги йўқотишлари олдини олувчи шароитларда амалга оширилиши керак.

Турли озик-овқат маҳсулотларидаги намликни нормал атмосфера босими ва юқори ҳароратда қуритиш усули билан аниқлаш режимлари 3.1-жадвалда келтирилган.

Намликни ўзгармас массагача қуритиш билан аниқлаш. Намликни бу усулда аниқлаш бир неча соат давом қилади.

Асбоб ва жиҳозлар. Ҳароратни маълум даражада сақлаш имконини берувчи терморегулятор мосламасига эга бўлган қуритиш шкафи; диаметри 25-55 мм ва баландлиги 55 мм гача бўлган металл ёки шишали бюксалар; сувни сингдириб олувчи моддага (одатда бу мақсадда сувсиз кальций хлорид ишлатилади, P_2O_5 ни ишлатилиши эса яхши натижалар беради) эга бўлган эксикатор; аналитик ёки техникавий тарозилар; ўлчаш чегаралари 50-200 °С бўлган лаборатория термометри.

Ишни бажариш тартиби. Иккита бюкса олдиндан 110 °С ҳароратда 30 мин давомида қуритилади ва совутилгандан кейин тадқиқот этилаётган маҳсулотга боғлиқ ҳолда аналитик ёки техникавий тарозиларда уларни массаси аниқланди (3.1-жадвал). Яхши аралаштирилган ўрта намунадан 3.1-жадвалда кўрсатилган миқдорда намуна ўлчами (агар майдалаш талаб қилинадиган бўлса, унда дастлабки майдаланишдан кейин) олинади. Бир вақтни ўзида қуритиш шкафи тадқиқот қилинаётган маҳсулотни қуритиш учун талаб қилинадиган ҳароратдан 3-5 °С юқори ҳароратгача (қуритишда берилган ҳароратни сақлаш учун) иситилади.

Параллел равишда иккита намуна ўлчамлари олинади. Тадқиқот этилаётган намуна ўлчамлари солинган бюксалар қуритиш шкафини юқори полкасига, уларни қопқоқлари билан ёнма-ён жойлаштирилади. Қуритиш шкафига жойлаштирилган назорат термометрини симобли учи намуна

Турли маҳсулотларда намликни қуритиш усулида аниқлаш режимлари

Маҳсулотни номи, тури ва тадқиқот қилиш усули	Намуна	Тарози ва тортиш аниқлиги	Қуритиш усули	Қуритиш ҳарорати	Бир маротаба қуритиш давомийлиги	Ўзгармас массасигача қуритиш давомийлиги		Қуритиш охирида навбагдаги иккига тортишлар ўртасидаги фарқ
						биринчи ўлчашгача	Кейинги қуритишгача	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ун, ёрмалар:								
а) асосий усул	5 г дан икки намуна	Техникавий, 0,01 г	Электр қуритиш шкафи	130±2	40 мин	-	-	-
б) ординар	5 г дан икки намуна	Техникавий, 0,01 г	Тринкалер шкафи	130±2	40 мин	-	-	-
Нон	Ҳар бири 5 г дан икки намуна	Техникавий, 0,01 г	Тринкалер шкафи	130±2	40 мин	-	-	-
Кофе:								
а) арбитраж	5 г дан икки намуна	Техникавий, 0,01 г	Электр қуритиш шкафи	100-105	-	3 соат	1 соат	0,01

1	2	3	4	5	6	7	8	9
б) тезлаштирилган	5 г дан икки намуна	Техникавий, 0,01 г		130±2	40 мин	-	-	-
Шакар:								
а) биринчи усул	10 г га яқин	Аналитик, 0,001 г	Вакуум қуритиш шкафи	100	-	1 соат 30 мин	1 соат	0,001
б) иккинчи усул	10 г га яқин	Аналитик, 0,001 г	Электр қуритиш шкафи	105	-	1 соат	1 соат	0,001
Ҳайвон ёғлари	2-3 г	Аналитик, 0,001 г	Электр қуритиш шкафи	100-105	-	1 соат	30 мин	0,004 дан юқори эмас
Ўсимлик мойлари	5 г га яқин	Аналитик, 0,0002 г	Электр қуритиш шкафи	100-105	-	30 мин	15 мин	0,005 дан юқори эмас
Колбаса маҳсулотлари:								
а) арбитраж	Ҳар бири 3 г бўлган иккита намуна	Техникавий (қайнатилган колбасалар учун) ва аналитик (қолганлари учун)	Электр қуритиш шкафи	150	1 соат	-	-	-
б) тезлаштирилган	Ҳар бири 2 г бўлган иккита намуна	Аналитик, 0,001 г	Инфарқизил нурланишли қуритиш шкафи	135	10-15 мин	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Бўлакланган гўшдан тайёрланган пазандалик маҳсулотлари ва ярим тайёр маҳсулотлар:								
а) арбитраж	Ҳар бири 1 г дан иккита намуна	Техникавий, 0,01	Электр қуритиш шкафи	130±2	10 мин	1 соат 20 мин	-	-
б) тезлаштирилган	Колбаса маҳсулотлари га мос							
Қандолат маҳсулотлари								
а) холва, сутли конфетлар, ирис	2-3 г	Аналитик, 0,001 г	Электр қуритиш шкафи	130±2	50 мин	-	-	-
б) унли маҳсулотлар, шоколад, какао кукуни	2-3 г (унли маҳсулотлар учун 5 г маҳсулот олиниши мумкин)	Аналитик (5 г маҳсулот олинганда техникавий, 0,01 г)	Электр қуритиш шкафи	130±2	50 мин (унли маҳсу- лотлар 40 мин)	-	-	-
Сут, пишлоқ, сузма ва сузмали маҳсулотлар								

1	2	3	4	5	6	7	8	9
а) арбитраж	3-5 г (сут 10 мл)	Аналитик, 0,001 г	Электр қуритиш шкафи	102-105	-	1 соат	1 соат	0,004 дан юқори эмас
б) тезлаштирилган								
Пишлоқ, сузма ва сузмали маҳсулотлар (қум билан)	5 г	Техникавий, 0,01 г	Электр қуритиш шкафи	160-165	20 мин	-	-	-
Шу маҳсулотлар парафин ёки сувсизлантирилган пиширилган сариёғ билан	5 г	Техникавий, 0,01 г	Иситиш асбоби	Енгил қўнғир ранг пайдо бўлиши ва кўпикланишни йўқолишигача қайнатиш				
Музқаймоқ	1 г + 1 г дистилланган сув	Техникавий, 0,01 г	Иситиш асбоби ва электр шкафи	Чўкма енгил сарғайгунича интенсив қайнатиш				
Сариёғ:								
Қўшимчаларсиз	5 г	Техникавий, 0,01 г	Иситиш асбоби	Енгил қўнғир ранг пайдо бўлиши ва кўпикланишни йўқолишигача қайнатиш				
Қўшимчалар билан (қоғозли роликларда)	10 г	Техникавий, 0,01 г	Иситиш асбоби	Роликларда пуфакчаар йўқолгунича қайнатиш				

ўлчами даражасида бўлиши керак. Қуритиш шкафидаги ҳароратни ўзгариши 2°C дан ошмаслиги керак. Қуритиш пайтида вентиляция тириқишлари очик бўлиши керак.

Қуритиш пайтида вентиляция тириқишлари (шкафни пастки ва юқори қисмидаги) очик бўлиши керак. Қуритиш шкафига бир вақтни ўзида биттадан ортиқ бюксаларни қўйиш мумкин эмас. Кўпгина маҳсулотлар учун биринчи масса аниқлашга қадар бўлган қуритиш муддати 0,5-4 соатни ташкил қилади (3.1-жадвалга қаралсин). Биринчи масса аниқлашга қадар бўлган қуритиш вақти ўтгач, бюксаларни қопқоғи бекитилади ва совитиш учун эксикаторга жойлаштирилади (металл бюксалар 20 мин, шишали бюксалар эса 30 мин). Бюксаларни массаси аниқлангач, улар яна аввалги қуритиш режимларида қуритиш шкафларига жойлаштирилади. Шу маҳсулот учун ўрнатилган маълум вақтлардан кейин бюксалар яна совитилади ва уларни массаси биринчи маротаба аниқланган каби аниқланади. Бундай аниқлашлар навбатдаги икки масса аниқлаш натижалари фарқи 0,001 г га тенг ёки ундан кам бўлгунча давом эттирилади.

Ҳисоблаш. Намлик миқдори X (фоизларда) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{g_1 - g_2}{g},$$

бу ерда: g_1 - бюксани намуна ўлчами билан биргаликда қуритишга қадар бўлган массаси, г;

g_2 - бюксани намуна ўлчами билан биргаликда қуритишдан кейинги массаси, г;

g - намуна ўлчами, г.

Параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,5 % дан ошмаслиги керак. Ҳисоблаш 0,01 % аниқлик билан амалга оширилади. Яқуний натижа икки параллел аниқлашларни ўрта арифметик қиймати сифатида ҳисобланади. 100 ва олинган намлик фоизи ўртасидаги айирма бўйича тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги қуруқ моддлар миқдори аниқланиши мумкин.

Намликни бир мартабали қуритиш билан аниқлаш. Бир мартабали қуритиш таҳлилни тезлаштириш зарур бўлган ҳолларда қўлланилади. Тадқиқот этилаётган намуна ўлчамини қум, парафин ёки ёғсиз пиширилган сариеғ билан, шунингдек қум ва парафинсиз қуритиш режимлари мавжуд. Қуритишни олдинги усулга нисбатан анча баланд ҳароратларда олиб борилиши, бу барча модификациялар учун умумий фарқли жиҳат ҳисобланади.

Асбоб ва жиҳозлар. Олдинги усулда тавсия этилган барча асбоб ва жиҳозлар; бюксани юқори гардишдан узун бўлмаган шиша тайёқчалар.

Реактивлар. Тозаланган қум; тозаланган сувсиз парафин ёки пиширилган сариеғ.

Тозаланган қум олиш учун қум тешиклари ўлчами 4-5 мм бўлган элак орқали эланади, водопровод сув билан яхши аралаштирилади, сўнгра эса унга 1:1 нисбатда хлор кислотаси қуйилиб, аралаштирилади ва бир кеча давомида тинч қолдирилади. Шундан сўнг, қум аввал водопровод суви билан лакмус бўйича кислотали муҳитни йўқолгунича, сўнгра дистилланган сув билан яхши ювилади ва қуритилади. Кейин қум яна тешиклари ўлчами 1-1,5 мм элак орқали эланади ва органик моддаларни чиқариб юбориш учун қиздирилади. Тозаланган қум тоза, зич бекитиладиган қоққоққа эга бўлган банкаларда сақланади.

Ишни бажариш тартиби. Қум таркибида ёғ мавжуд бўлган озикавий концентратлардаги намликни аниқлашда, баъзи қандолат маҳсулотларини тадқиқот қилишда, баъзи сут маҳсулотлари ва колбаса маҳсулотларидаги намликни тезлаштирилган усулда аниқлашда фойдаланилади. Парафин ёки пиширилган сариеғда иситиш орқали баъзи сут маҳсулотларидаги намликни аниқлаш мумкин. Агар қум, парафин ёки пиширилган сариеғ ишлатилмаса, унда аниқлаш намуна ўлчамини бир мартаба қуритиш, эксикаторда совитилгандан кейин эса массани аниқланишини ҳисобга олмаган ҳолда ўзгармас массагача қуритиш усулидан фарқ қилмайди. Қумдан фойдаланилганда, тоза ва қуруқ бюксага 12-15 г қум жойлаштирилади, шиша

тайёкча солинади ва ҳаммаси биргаликда 110°C да қуритилади, эксикаторда совутилади ва тадқиқот этилаётган маҳсулотга боғлиқ ҳолда техникавий ёки аналитик тарозиларда массаси аниқланади. Бюксага 3-6 г таҳлил учун тайёрланган маҳсулот жойлаштирилади, қопқоғи бекитилади ва яна ўша аниқлик билан массаси аниқланади. Шундан сўнг, бюксани қопқоғи очилиб, шиша тайёкча билан намуна ўлчами қум билан эҳтиёткорлик билан яхши аралаштирилади ва бюкса тубига бир текис тақсимланади. Кейинги ҳаракатлар намуна ўлчамини ўзгармас массагача қуритишдаги каби тартибда, фақат бир маротабали қуритиш ва бир маротабали масса аниқлашни ишлатилиши фарқи билан амалга оширилади. Турли маҳсулотларни қуритиш режимлари 3.1-жадвалда келтирилган.

Ҳисоблаш. Маҳсулотдаги намликни ҳисоблаш намликни ўзгармас массагача қуритиш билан аниқлашдаги каби бажарилади.

3.2. Озиқ-овқат маҳсулотларидаги кул моддасини аниқлаш

Озиқ-овқат маҳсулотларидаги минерал элементларни микро- ва макро элементларга бўлиш қабул қилинган.

Макроэлементлар бу озиқ-овқат маҳсулотларида нисбатан катта миқдорда (100 г да 1 мг дан юқори) мавжуд бўлган минерал моддалар ҳисобланади. Уларга кальций, магний, натрий, калий, фосфор, хлор ва бошқалар тегишли.

Микроэлементлар озиқ-овқат маҳсулотларини 100 г да 1 мг дан кам миқдорда учрайдиган минерал моддалардир. Уларга фтор, йод, мис, рух, марганец, мишьяк, бром, алюминий ва бошқалар тегишли.

Минерал моддалар озиқ-овқат маҳсулотларида нафақат табиий таркибий қисми сифатида, шунингдек, уларни озиқ-овқат маҳсулотларига бошқа манбалардан ўтиши билан боғлиқ ҳолда ҳам мавжуд бўлиши мумкин. Бу минерал моддалар маҳсулот таркибига уни ишлаб чиқариш технологик жараёнида ишлатиладиган жиҳоз ва реактивлардан, маҳсулоларни сақлаш ва

жўнатишда идиш ва қадоқлаш материаллардан, шунингдек маҳсулотларни консервалашда ишлатиладиган антисептиклардан ва бошқалардан ўтиши мумкин.

Минерал элементларни умумий миқдори кул моддаси миқдори бўйича аниқланади.

Кул ва кул моддалари тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги органик моддаларни тўлиқ куйдирилишда олинадиган қолдиқ ҳисобланади. Органик моддалар қиздирилганда куюди, куйиш маҳсулотлари эса учиб кетади, аммо минерал моддалар сақланиб қолади ва уларни массаси аниқланади.

Бевосита маҳсулотни структурасига кирувчи минерал моддалар тоза кул дейилади. У ўта қимматли ҳисобланади, чунки айнан уни миқдори, маҳсулотни физиологик қийматини белгилайди.

Таркибида аралашмалар мавжуд бўлган кул нам кул дейилади. У нафақат тадқиқот этилаётган объект таркибига кирувчи минерал моддалардан, шунингдек унга тасодифан тушиб қолган бегона аралашмалардан (қум ёки қиздириш пайтида минерал тузлар билан бирга эриган кўмир заррачалари ёки карбонат тузлари кўринишидаги боғланган карбонат кислотаси) иборат бўлиши мумкин. Нам кулни юқори миқдори маҳсулотни ифлосланганлик даражасини тавсифлайди.

3.2.1. Умумий кул моддаси миқдорини аниқлаш

Кул моддаси объектни куйдириш йўли билан ҳўл ва қурук куллантириш усулларида аниқланиши мумкин.

Ҳўл куллантиришда сульфат ва азот кислоталарни аралашмаси ёки бу кислоталарни биттаси, уларни қайнаш ҳароратида, шунингдек водород перекиси ёки бошқа оксидловчилар ишлатилади.

Ҳўл куллантириш юқори ҳароратларда кулни учувчи элементларини йўқотилиши олдини олиш зарур бўлган ҳоллардагина қўлланилади.

Қуруқ куллантириш юқори ҳароратларда (1600 °С ва ундан юқори) тиглда (чинни идишча) муфел печларида амалга оширилади. Бунда тиглни қизил чўғланиш ҳолатигача олиб бормаслик тавсия этилади, чунки кул фосфатлари куймаган кўмир заррачаларини эритиши мумкин ва бу эса охиргиларни тўлиқ куйдирилишини қийинлаштиради.

Моддаларни ушбу усулда куллантириш механик ва моддаларни кимёвий ўзгаришлари натижасидаги йўқотишлари билан кечиши мумкин. Механик йўқотишлар моддаларни юқори бошланғич ҳароратларда тез куйдирилишида рўй беради. Бу ҳолларда моддани куруқ ҳайдалишида ҳосил бўлаётган маҳсулотлар тиглдан ташқарига чиқарилиб юборилиши мумкин.

Кеміёвий йўқотишлар бекитилган тиглдаги тўлиқ куйдирилмаган моддани кучли қиздирилишида рўй беради. Бу ҳолда ҳам куйдирилмаган, чўғланган кўмир заррачалари фосфор оксидини фосфор металигача қайтариши мумкин ва у эса ташқарига чиқариб юборилади. Айниқса кул моддалари фосфорга бой объектларни таҳлил этишда кимёвий йўқотишларни олдини олишга ҳаракат қилиши лозим.

Кул моддаси маҳсулотни куруқ моддаларига нисбатан фоизларда ифодаланади.

Кул моддасини тезлаштирувчисиз ва тезлаштирувчи иштирокидаги усуллар билан аниқлаш мумкин. Озиқ-овқат маҳсулотлари тозалигини тавсифлашда нафақат умумий кул миқдорини, шунингдек 10 %ли хлор кислотасида эримайдиган кул миқдорини ҳам аниқлаш тавсия этилади.

Кул миқдорини тезлаштирувчисиз аниқлаш

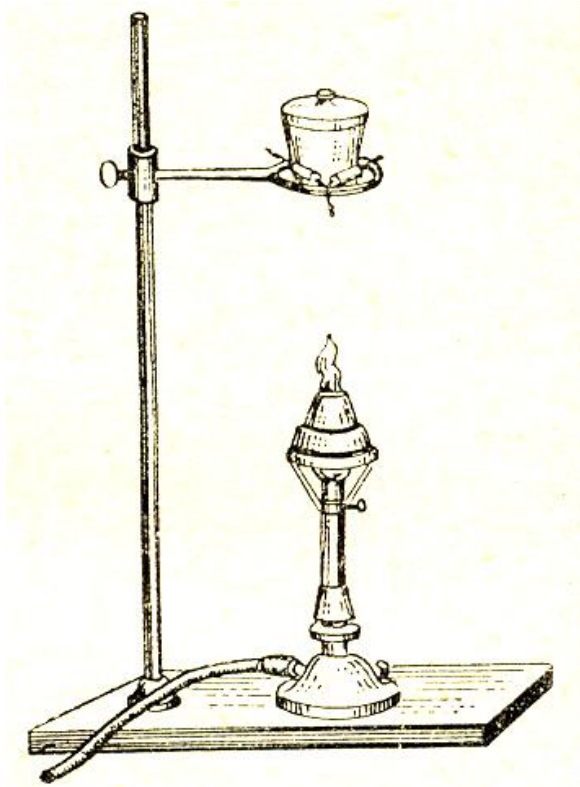
Асбоб ва жиҳозлар. Ўлчами 20x20 см бўлган иккита шиша пластинкалар; диаметри 40 мм ва баландлиги 35 мм бўлган чинни тигллар; кальций хлорид солинган эксикатор; аналитик тарози; қисқичлар; штатив; чинни учбурчак; горелка; Муфел печи.

Ишни бажариш тартиби. Тигллар олдиндан ўзгармас мossaгача қиздирилади. Сўнгра аналитик тарозида 0,0001 г аниқлик билан 1,5-2 г ун

намуна ўлчами (қандолат маҳсулотлари 5-10 г миқдорда, 0,01 г аниқлик билан, крахмал эса 10 г аналитик тарозида) тортиб олинади.

Намуна ўлчами олдиндан майдаланиши керак. Намуна ўлчамини ўта майдалаш ҳам тавсия этилмайди, чунки ўта майда моддалар, куйдириш бошлангандан кейин газсимон куйдириш маҳсулотларини ажралиб чиқишида, тутун билан биргаликда чиқариб юборилиши мумкин. Бундан ташқари, ўта майдаланган намуна ўлчами, уни ички қатламларига ҳаво кислородини қийин кириб бориши сабабли тўлиқ куйдирилмайди.

Кулланишни дастлабки даври, горелка алангасини тигл тубига етмаслигини таъминлаган ҳолда (расм 3.2) жуда эҳтиёткорлик билан олиб борилиши керак. Иситиш бошлангандан кейин газ ва қорамтир-қўнғир смолали моддаларни ажралиши билан кечадиган қуруқ ҳайдаш рўй беради. Кучли иситиш бу жараёни жадаллаштиради ва модда намуна ўлчамини механик йўқотилишига олиб келиши мумкин. Бундай шароитларда маҳсулотни тўлиқ кулланиши ҳам қийинлашади ва бу ўз ўрнида катта хатоликларга олиб келади. Қўнғир газлар ажралиб чиқиши тугагач, горелка тиглга аста-секин яқинлаштириб иситиш кучайтирилади. Қора заррачаларни (кўмир) асосий қисми йўқолгач, тигллар қорамтир-қизил чўғланишгача иситилган Муфел печига ўтказилади. Тигллар дастлаб Муфел печини эшикчаси яқинида, кейинчалик эса аста-секин силжитиш орқали печкани ичкарироқ қисмларига жойлаштирилиб борилади. Бунда намуна ўлчамини алангаланишига йўл қўймаслик керак. Куйдириш қора заррачаларни тўлиқ йўқолгунича, оқ ёки кул рангига яқин кул олингунича давом эттирилади. Тигллар эксикаторда совутилгандан кейин, уларни массаси аниқланади, сўнгра яна 20 мин давомида қиздирилади. Агар шундан сўнг ҳам, тиглларни кул билан биргаликдаги массаси ўзгармай қолса, куллантриш яқунланган ҳисобланади.



Расм 3.2. Куллантиришни бошлангич босқичида тигли горелка устидаги тўғри ҳолати

Кул моддасини аниқлашда қаҳва намуна ўлчами тахминан 5 г ни, крахмалники эса 5-10 г ни ташкил қилади. Қаҳвани Муфел печида қиздириш, қора заррачалар йўқолиб кейин ва оқ ёки кул рангли кул олингандан кейин яна 30 мин давом эттирилади. Қиздирилган тигл эксикаторда 40 мин дан 2 соатгача совутилади ва уни қайта қиздирилиши ўтказилмайди.

Крахмални куллантиришнинг ўзига хос хусусияти шундаки, намуна ўлчамини бир қисми куллантирилгандан кейин идишда совутилади ёки унга бир неча миллилитр дистилланган сув қуйилиб, сув ҳаммомида қуруқ ҳолатигача буғлантирилади ва горелкада тўлиқ куллангунича қиздирилади. Шундан сўнг, тигл эксикаторда яна совутилади ва массаси аниқланади. Бу ҳаракатлар кетма-кетлиги навбатдаги иккита тортишлар массалари ўртасидаги фарқ 0,0005 г кам бўлмагунича давом эттирилади.

Ҳисоблаш. Қуруқ моддаларга нисбатан фоизларда ифодаланган кул қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = \frac{g_1 \cdot 100 \cdot 100}{g(100 - B)},$$

бу ерда: g_1 - кулни абсолют массаси, г;

g - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчами, г;

B - маҳсулотни намлиги, %.

Баъзи маҳсулотлардаги (қандолат маҳсулотлари) кул миқдори намликни ҳисобга олмаган ҳолда қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{g_1 \cdot 100}{g}$$

Параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,02 % (крахмални тадқиқот этишда 0,01 %)дан ошмаслиги керак. Маҳсулотни фактик кулдорлиги икки параллел аниқлашларни ўрта арифметик қиймати сифатида ҳисобланади.

Кул моддасини тезлаштирувчи иштирокида аниқлаш. Куллантиришни тезлаштириш куйдирилаётган намуна ўлчамини юмшатувчи ва куйдиришда кислород кириб боришни енгиллаштириш имконини берувчи сирка кислотали магнийни спиртли эритмаси ёки азот кислотасини (дон, ёрма ва уруғлардаги кул моддасини аниқлашда) қўллаш орқали таъминланади.

Асбоб ва жиҳозлар. Кулдорликни олдинги усул бўйича аниқлашда ишлатилган асбоб ва жиҳозлар.

Реактивлар. Сирка кислотали магнийни спиртли эритмаси; зичлиги 1,2 бўлган азот кислотаси; ҳажми 3 мл бўлган пипетка.

Сирка кислотали магнийни спиртли эритмасини тайёрлаш учун 1,61 г сирка кислотали магний 100 мл 95 % ли этил спиртида бир неча йод кристалларини солиб эритилади. Сўнгра олинган эритма қоғоз фильтр орқали филтрланади. 3 мл филтрат қиздирилгандан кейин 0,010 г магний оксидига эга. Спиртни буғланишини олдини олиш мақсадида тайёр эритма қопқоғи зич бекитиладиган идишда сақланиши керак. Магний оксидини миқдори вақти-вақти билан 3 мл реактивни кичкина чинни идишчада сув ҳаммомида буғлантириш (қайнашига йўл қўйилмасдан) ва Муфел печларида ўзгармас массасига қиздириш йўли билан аниқланади.

Ишни бажариш тартиби. Ўзгармас массагача қиздирилган чинни тигллар олдиндан тайёрланади. Тайёрланган тиглларга унни 2 г дан иккита намуна ўлчами тортилади. Донларни тадқиқот этишда 2,0-2,5 г майдаланган намуна ўлчами олинади. Ун кулдорлигини аниқлашда, куйдирулганга қадар ҳар бир тиглларга 3 мл дан сирка кислотали магний реактиви солинади ва 1 мин давомида тинч қолдирилади. Шундан сўнг, тигллар қорамтир-қизил

чўғланишгача қиздирилган Муфел печини очик эшикчасига жойлаштирилади. Моддалар куйгандан кейин тигллар аста-секин Муфелни ичига силжитилади. Тўғри ўтказилган жараёнда урни куллантириш 35-40 мин дан 1 соатгача давом этади. Бунда оқ ёки кул рангидаги кул ҳосил қилинади. Эксикаторда совитилгандан кейин тиглларни массаси ўлчанади.

Тезлаштирувчи сифатида концентранган азот кислотаси ишлатилганда куйдириш куйидагича амалга оширилади. Дастлаб тигллардаги намуна ўлчами Муфел печларида уни кул рангидаги юмшоқ массага айлангунича эҳтиёткорлик билан куйдирилади. Шундан сўнг тигллар эксикаторда совитилади ва улардаги масса 3-5 томчи азот кислотаси билан намлантирилади. Сўнгра тигллар Муфел печини очик эшикчаси яқинига жойлаштирилади ва уни қайнашига йўл қўймаган ҳолда кислота қуриб қолгунича буғлантирилади. Кейин куйдириш юқорида келтирилган тартибда давом эттирилади. Агар тиглларни кул билан биргаликдаги массаси қайта тортишларда ўзгармай қолса, унда куллантириш яқунланган ҳисобланади. Агар такрорий қиздиришдан кейин масса ошиши рўй берса, унда қиздириш яқунланади ва ҳисоблашда майда (олдинги) масса ҳисобга олинади.

Ҳисоблаш. Қуруқ моддага қайта ҳисобланган кулдорлик юқорида келтирилган формула бўйича аниқланади.

10 %ли хлор кислотасида эримайдиган кул миқдорини аниқлаш. Усул маҳсулотдаги анорганик моддаларни 10 %ли хлор кислотасида эритишга асосланган. Аини вақтда, анорганик келиб чиқишга эга бўлмаган моддалар (қум ва силикатлар) кислотада эримайди. Юқорида баён этилган усулларни бири бўйича олинган кул 10 %ли хлор кислотаси билан ишлов берилади. Қолдиқ эса яна қиздирилади ва массаси аниқланади. Массалар айирмаси бўйича хлор кислотасида эримайдиган кул миқдори аниқланади.

Асбоб ва жиҳозлар. Кул миқдорини олдинги усуллар бўйича аниқлашда ишлатилган асбоб ва жиҳозлар; 10 мл ли пипетка; кул моддасига эга бўлмаган қоғозли фильтр жойлаштирилган воронка; ҳажми 100 мл бўлган қолба; сув ҳаммоми.

Ишни бажариш тартиби. 5 г ун юқорида баён этилган усулларни бири бўйича куллантирилади. Олинган кул 10 мл 10 %ли хлор кислотасида уларни сув ҳаммомида 5 мин иситилиши давомида эритилади. Сўнгра хлор кислотали эритмани тиниқ юқори қатламли қоғоз фильтри орқали филтрланади.

Бу операция икки марта қайтарилади. Ҳар маротабасида хлор кислотали эритма декантация қилинади ва филтрдаги эримаган чўкма иссиқ сув билан ювилади. Сўнгра филтр чўкма билан биргаликда воронкани ўзида бир мунча қуритилади, у олдиндан қиздирилган ва тортилган тиглга ўтказилиб, куйдирилади ва қиздирилади.

Қаҳвани тадқиқот этишда, 5 г намуна ўлчамини куйдиришда олинган кул 15-20 мл 10 %ли хлор кислотаси билан қайнаётган сув ҳаммомида 30 мин ишлов берилади. Қандолат маҳсулотларини тадқиқот этишда ҳам кул айнан шундай ишлов берилади, фақат бунда 30 мл 10 %ли HCl эритмаси қуйилади. Бундай ишлов берилган эритма кулсиз қоғоз филтр орқали филтрланади, тигл иссиқ дистилланган сув билан ювилади ва филтр эса хлор-ионга бўлган реакция ($AgNO_3$ эритмаси билан) йўқолгунича иссиқ сув билан ювилади. Филтрни куйдирилиши юқорида баён этилганидек амалга оширилади.

Ҳисоблаш. Ун, қаҳва ва баъзи бошқа маҳсулотларда 10 % ли хлор кислотасида эримайдиган кул миқдори юқорида келтирилган формула бўйича қуруқ моддага қайта ҳисобланиб аниқланади.

3.3. Ош тузи миқдорини аниқлаш

Ош тузи миқдори маҳсулотларни нафақат сақланувчанлигини, шунинг билан бирга уларни таъм хусусиятларини ҳам белгилайди. Барча озиқ-овқат маҳсулотлари учун хлорид натрий миқдорини аниқлаш усули бир хил.

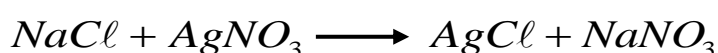
Хлорид натрий миқдорини аниқлаш учун тадқиқот этилаётган маҳсулот экстрактини (экстракт) тайёрлаш керак, у эса маҳсулот таркиби ва хусусиятларга боғлиқ ҳолда турлича тайёрланади. Масалан, консерваланган

озик-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда 20 г маҳсулот намунаси (0,01 г аниқликда ўлчанган) иссиқ дистилланган сув ёрдамида ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасига ўтказилади. Колбадаги суюқлик (колба ҳажмини $\frac{2}{3}$ қисмини эгаллаган) яхши аралаштирилгандан кейин даврий аралаштириш давомида 30 мин сақланади. Сўнгра колбадаги суюқлик 20 °С гача совутилади ва белгисигача дистилланган сув ёрдамида етказилади. Яхши аралаштирилгандан кейин фильтр қоғоз орқали қуруқ колбага фильтрлаб ўтказилади. 50 мл фильтрат олиниб унда ош тузи миқдори аниқланади.

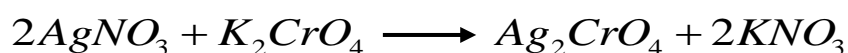
Ош тузини аниқлашни турли услублари мавжуд. Улар ўртасида хлор ионларини экстрактни $AgNO_3$ эритмаси билан хромат индиктори иштирокида титрлашга асосланган усул (Мор усули) кенг тарқалган. Бундан ташқари, ош тузи миқдорини катионитли аниқлаш усули ҳам истиқболли ҳисобланади.

Мор усули. Ушбу усулдаги аниқлаш хлор ионларини хромат калий индиктори иштирокида кумуш нитрати билан тўғридан-тўғри титрлашга асосланган бўлиб, нейтрал эритмада барча хлор ионлар чўктирилгандан кейин кумуш хроматини қизил чўкмаси ҳосил бўлади.

Реакция қуйидагича кечади



Барча хлорид кумуш хлориди сифатида чўктирилгандан кейин, хромат калий $AgNO_3$ ни ортиқча эритмаси билан қизил рангга бўялган кумуш хромати ҳосил қилади.



Ҳарорат ошиши сарин реакция сезгирлиги пасаяди, шунинг учун ҳам ишончли натижалар олиш учун титрлаш 20 °С ҳароратда олиб борилиши керак.

Асбоб ва жиҳозлар. Титрлаш қурилмаси; ҳажми 150-200 мм бўлган конус колба; ҳажми 25 ва 50 мл бўлган пипетка.

Реактивлар. 0,1 ёки 0,05 н кумуш нитрати эритмаси; 0,01 н натрий бикарбонат ($NaHCO_3$) ёки 0,01 н сирка кислотаси эритмаси; 1 %ли

фенолфталеин эритмаси; 0,05 %ли паранитрофенол эритмаси; 10 %ли калий хромат (K_2CrO_4), балиқ маҳсулотларини тадқиқот этишда эса калий хроматни тўйинган эритмаси

Ишни ўтказиш тартиби. Юқорида кўрсатилган усулда тайёрланган экстракт олинади ва у кислотали муҳитга эга бўлса, 0,01 н $NaHCO_3$ эритмаси билан фенолфталеин иштирокида нейтралзация қилинади. агар экстракт ишқорий муҳитга эга бўлса 0,01 н сирка кислотаси эритмаси билан паранитрофенол иштирокида нейтралланади. Бикорбонат билан нейтраллашдан кейин эритма рангсиз бўлиб қолиши (фенолфталеин рангсизланади), сирка кислотаси билан нейтралланганда эса кучсиз сариқ (рН=6,5-7,5) бўлиши керак.

50 мл нейтралланган эритма пипетка ёрдамида конус колбага ўтказилиб, унга 1-3 мл хромат калий эритмаси қуйилади ва 0,05 н кумуш нитрати эритмаси билан титрланади. Титрлаш аста-секин олиб борилиши керак. Титрлаш колбада қизил чўкма ҳосил бўлгунча давом эттирилади.

Ҳисоблаш. Намунага нисбатан % ҳисобидаги ош тузи миқдори куйидаги формулага кўра ҳисобланади:

$$x = \frac{V \cdot k \cdot T \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2}$$

бу ерда V - кумуш нитрати эритмасини миллилитрлари миқдори (сўт маҳсулотларини тадқиқот этишда 0,05 н, бошқа маҳсулотлар учун эса 0,01 н кумуш нитрати ритмаси ишлатилади);

k - кумуш нитрати тирланган эритмасини нормаллик коэффиценти;

T - кумуш нитрати эритмасини $NaCl$ бўйича титри (0,1 н эритма учун 0,005845, 0,05 н учун эса 0,00292);

g - намуна массаси, г;

V_1 - тадқиқот этилаётган маҳсулот намунасидан тайёрланган экстракт ҳажми, мл;

V_2 - титрлаш учун олинган экстракт ҳажми, мл.

Иккита параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,1 %дан юқори эмас.

3.4. Кислоталикни аниқлаш

Озиқ-овқат саноатини хом-ашёлари, ярим тайёр маҳсулотлари ва тайёр маҳсулотлари, одатда, кислотали реакцияга эга. Ҳар бир муҳитда чин (актив) ва умумий (титрланадиган) кислоталик фарқланади. Чин кислоталик водород ионлари концентрацияси бўлиб, рН катталиги билан тавсифланади. Агар рН 7 дан юқори бўлса, муҳит ишқорий реакцияга эга, рН 7 дан паст бўлса муҳит реакцияси кислотали бўлади.

3.4.1. Титрланадиган кислоталикни аниқлаш

Титрланадиган кислоталик бу тадқиқот этилаётган маҳсулотда мавжуд бўлган эркин органик кислоталар ва уларни нордон тузлари миқдори бўлиб, у эритмаларни ишқор билан титрлаш орқали аниқланади.

Озиқ-овқат маҳсулотларида кислоталикни аниқлашга катта эътибор берилади, чунки кислоталик тадқиқот этилаётган маҳсулотни нафақат таъм хусусиятларини белгилайди, балки, шунингдек уни янгилиги ва юқори сифатлилиги кўрсаткичи ҳам ҳисобланади. Кислоталик нафақат у ёки бу маҳсулот тайёрланган хом-ашё табиатига, шунингдек рецептура ва тайёрлаш технологик режимлари, сақлаш усуллари ва муддатларига ҳам боғлиқ бўлади. Маҳсулот кислоталиги сақлаш жараёнида ошиши ёки пасайиши мумкин ва бу ҳолат кўп ҳолларда маҳсулот сифатига салбий таъсир қилади.

Тадқиқот этилаётган маҳсулотни табиати ва концентрациясига боғлиқ ҳолда кислоталик бевосита титрлаш (суюқ маҳсулотлар) ёки маҳсулот экстрактини титрлаш (суюқ бўлмаган консистенцияга эга бўлган маҳсулотларда) йўли билан аниқланади.

Озиқ-овқат маҳсулотларида тирланадиган кислоталик турли ўлчов бирликларида ифодаланади. Бунинг сабаби шундаки, баъзи озиқ-овқат маҳсулотларида титрлаш пайтида нафақат эркин кислоталар, шу билан бирга нордон тузлар (баъзида уларни улуши анча катта бўлиши мумкин) ҳам нейтралланади. Бунга қарамасдан титрланадиган кислоталик баъзи озиқ-овқат маҳсулотларида, уларда устунлик қилувчи кислотага нисбатан ифодаланади. Масалан, узум ва узумли виноларда устунлик қилувчи вино кислотаси бўлса, мевали шарбат ва виноларда эса олма кислотаси ҳисобланади. Титрланадиган кислоталик маринадларда сирка кислотасига, тузланган карамда эса сут кислотасига қайта ҳисобланиб, аниқланади.

Баъзи озиқ-овқат маҳсулотларида (ёғларда, ун, нон маҳсулотлари, сут маҳсулотлари, пиво ва қандолат маҳсулотлари) қандайдир бир кислотани авфзалроқ билиш мумкин эмас, чунки уларда озод кислоталар ўртасидан кўп миқдорда мавжуд бўлган кислотани ажратиш қийин. Бундан ташқари, бу маҳсулотларда нордон тузлар кўп миқдорда мавжуд бўлади. Бу ҳолларда кислоталик шартли бирликларда – градусларда ифодаланади ва уни қиймати баъзи маҳсулотларда турлича бўлади. Масалан, ун, нон ва кондитер маҳсулотларида кислоталик градуси 100 г тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги кислоталарни нейтраллашга сарфланган децинормал ишқор миқдори миллилитрлари ҳисобланади. Сут маҳсулотларида кислоталик Тернер градусларида ифодаланади ва у 100 мл ёки грамм маҳсулотда (намунани олиш усулига боғлиқ ҳолда) мавжуд бўлган кислотани нейтраллаш учун зарур бўлган 0,1 н натрий гидроксид эритмаси миллилитрлари миқдорини англатади. Ёғларни кислоталиги тадқиқот этилаётган 1 г ёғда мавжуд бўлган эркин ёғ кислоталарни нейтраллаш учун керак бўлган КОН миллиграммларида ифодаланади.

Суяқ консистенцияга эга бўлмаган озиқ-овқат маҳсулотларини кислоталигини аниқлашда экстракт тайёрлаш усули услубни муҳим таркибий қисми ҳисобланади. Экстрактларни тайёрлаш озиқ-овқат маҳсулотларидаги барча кислоталарни (органик ва аорганик), шунингдек уларни нордон

тузларини сувда яхши эришига асосланган. Бунда қуйидаги умумий қоидаларга риоя қилинади. Тадқиқот этилаётган экстрактни титрлашга сарфланадиган ишқор миқдорини 3 мл дан кам бўлмаслиги; энг кам ишлатиладиган дистилланган сув миқдори ва тайёрлаш вақтида экстрактга тадқиқот этилаётган маҳсулотни барча таркибий қисмлари ўтиши керак. Бегона қўшилмалардан озод экстрактлар олиш учун спиртли экстрактлар тайёрланади.

Титрланадиган кислоталикни аниқлашда индикаторни тўғри танлаш ҳам катта аҳамиятга эга. Рангсиз ёки кучсиз бўлган эритмалар учун, кўп ҳолларда, фенолфталеин ишлатилади. Умсуман озиқ-овқат маҳсулотларидаги кислоталарни титрлаш рангини кучсиз ишқорий муҳитда ўзгартира оладиган фенолфталеин, тимолфталеин ва **алкалиблау** каби индикаторлар иштирокида олиб борилиши зарур. Метилоранж, метилрот, конгорот ва баъзи ҳолларда лакмус озиқ-овқат маҳсулотларидаги кислоталикни аниқлаш учун яроқсиз, чунки бу индикаторлар ўз рангини ўзгартирадиган рН қийматлари кучсиз органик кислоталарни тўлиқ нейтралланганлигига мос келмайди. Фенолфталеин индикатори карбонат ангидрид (CO_2) мавжуд бўлганида рангсизланиши мумкин. Шунинг учун эритмалар титрланишидан олдин карбонат кислотасини чиқариб юбориш мақсадида, қайнаш бошлангунича иситилиши, айна вақтда учувчи кислоталарни, йўқотилиши мумкинлиги сабабли қайнашга йўл қўймаслик керак.

3.2-жадвалда энг кўп ишлатиладиган индикаторларни ранг ўзгариши интерваллари келтирилган.

Демак, титрланадиган кислоталикни аниқлаш титрлашдан ташқари тадқиқот этилаётган намунадан (агар маҳсулот консистенцияси суяқ бўлмаса) кислоталарни сув ёки спирт билан чиқариб олиш ёки суяқ маҳсулотларни титрлашга тайёрлашдан (сув билан суюлтириш, баъзи ҳолларда эса тиндириш) иборат.

Намуналарга ишлов бериш усулларига қатъий риоя қилиш кўпгина ҳолларда таҳлил натижалари аниқлигини белгилайди.

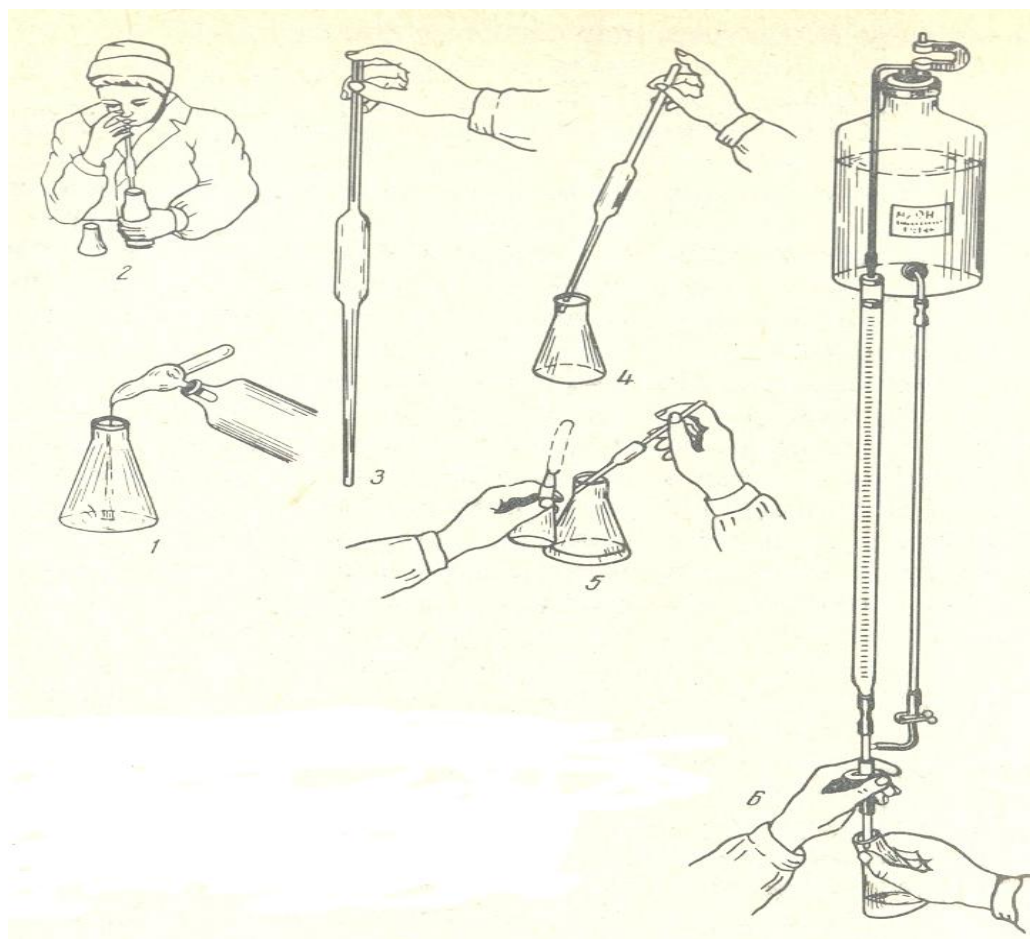
Индикаторларни ранг ўзгариши интерваллари

Индикаторлар	Муҳитдаги ранги		pH интервали
	кислотали	ишқорий	
Тимол кўки	қизил	сарик	1,2-2,8
Метил сарик	қизил	сарик	2,9-4,0
Метил пушти	қизил	пушти-сарик	3,1-4,4
Метил қизили	қизил	сарик	4,4-6,2
Бромтимол кўки	сарик	кўк	6,0-7,6
Тимолфталеин	рангсиз	кўк	9,4-10,6
Фенилфталеин	рангсиз	қизил-бинафша	8,0-9,8
Фенил қизили	сарик	қизил	6,4-8,0

Кислоталик индикатор иштирокида титрлаш ёки электрометрик титрлаш билан аниқланади.

Умумий кислоталик маҳсулотдаги ионларга диссоциланган, диссоциаланмаган кислота ва нордон реакцияга киритувчи моддалар умумий миқдори билан тавсифланади.

Индикатор иштирокида титрлаш. Кислоталикни титрлаш усули бўйича аниқлаш ишқорни маҳсулотда мавжуд бўлган нафақат эркин кислоталарни, балки уларни нордон тузларини ҳам миқдорий нейтраллаш хусусиятига асосланган. Тадқиқот этилаётган маҳсулотда устунлик қилувчи кислотани аниқлашда, бир хил нормалликка эга бўлган эритмалар ҳамма вақт ўзаро тенг ҳажмларда реакцияга киришишлари мумкинлиги умумий қоидасига кўра иш олиб борилади. Шунинг учун титрлашда сарфланган ишқор миқдорини ва бунда ишқор ва нейтралландиган кислота ўртасида кечадиган кимёвий реакцияни билаган ҳолда, таҳлил этилаётган маҳсулотдаги кислота миқдорини аниқлаш мумкин.



Расм 3.3. Сутни титрланадиган кислоталигини аниқлаш:
 1-автомат ёрдамида 20 мл сувни ўлчаб олиш; 2, 3, 4-пипетка ёрдамида 10 мл маҳсулотни ўлчаш; 5-фенолфталеин эритмасини солиш; 6-0,1 н ли ишқор эритмаси ёрдамида титрлаш

Асбоб ва жиҳозлар: Сув ҳаммоми; техникавий тарози; ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбаси; 100 °Сгача даражаланган термометр; 500 мл ли кимёвий стакан; қатланган фильтрли воронка; ҳажми 25 ва 50 мл ли пипетка; титрлаш қурилмаси.

Реактивлар: Фенолфталеини 1 %ли спиртли эритмаси ёки тимолфталеинни 0,1 %ли спиртли эритмаси; 0,1 н натрий гидроксид эритмаси.

Ишни бажариш тартиби. Сутни титрланадиган кислоталигини аниқлаш босқичлари расм 3.3 да келтирилган. Маҳсулот ўрта намунасида олинган майдаланган намуна ўлчамилар кимёвий стаканларда тортилади ва 80 °Сгача иситилган иссиқ сув билан ҳажми 250 мл бўлган ўлчов колбасига

йўқотишларсиз ўтказилади. Бунда пюресимон мева-сабзавотли маҳсулотлар, нон маҳсулотлари, мевалар намуна ўлчамиси 25 г ни, консервалар эса 20 г ни ташкил этади. Фойдаланиладиган сув миқдори колба ҳажмини $\frac{3}{4}$ қисмидан ошмаслиги керак. Сўнгра колбадаги аралашма яхши силкитилади ва вақти-вақти билан силкита туриб ҳарорати 80-85 °Сгача иситилган сув ҳаммомига 30 мин давомида жойлаштирилади. Шундан кейин колбалар хона ҳароратигача совутилади, колбадаги суюқлик ҳажми дистилланган сув билан белгигача етказилади ва колба пробка билан бекитилгач, колбадаги яхши аралаштирилади. Олинган суюқлик қатланган қоғозли фильтр орқали курук стаканга филтрланади. Филтрат кислоталиги титрлаш билан аниқланади.

Суюқ маҳсулотларни (шарбат, намоқоб ва бошқалар) тадқиқот этишда, зарур бўлган ҳолларда, улар олдиндан филтрланади. 20 мл филтрат пипетка билан ҳажми 250 мл ли ўлчов колбасига ўтказилади, дистилланган сув билан белгисигача етказилади ва яхши аралаштирилгандан кейин, ундан пипетка ёрдамида 50 мл олиниб, титрлаш учун конус колбага ўтказилади.

Экстрактни титрланадиган кислоталигини аниқлашда, пипетка билан 50 мл олиниб ҳажми 500 мл ли ўлчов колбасига ўтказилади. Колбадаги суюқлик ҳажми белгисигача етказилади ва яхши аралаштирилгандан кейин титрланади.

Агар тадқиқот этилаётган суюқлик бўялган бўлса, унда индикатор сифатида тимолфталеинни спиртли эритмаси ишлатилиши мумкин. Рангсиз ёки кучсиз бўялган филтратларда фенолфталеин ишлатилади. Кучли бўялган экстрактлар титрлаш олдидан 1:1 нисбатда сув билан суюлтирилади ва фенолфталеин иштирокида пушти ранггача эмас, балки экстракт ранги ўзгаргунча титрланади. Баъзи экстрактлар ранги нейтрализация лаҳзасида яшил рангга кириши, бошқалари рангини равшанлашиши мумкинлиги туфайли фенолфталеин билан титрлашда бўялиш ранги ёнма-ён қуйилган, худди шундай фенолфталеинли экстракт жойлаштирилган колба ранги билан таққосланади. Тимолфталеинни 0,1 %ли спиртли эритмаси ишлатилганда, титрлаш якуни 1 мин давомида йўқолмайдиган кўк рангни пайдо бўлиши

билан белгиланади. Агар фенолфталеин фойдаланиладиган бўлса, титрлаш натижаларига CO_2 таъсирини олдини олиш учун фильтрат қайнаш бошлангунгача иситилиши ва иссиқ эритмани титрлаш тавсия қилинади.

Ҳисоблаш: Сарфланган 0,1 н ишқор эритмаси миқдори нормаллик коэффициентига кўпайтирилиб децинормал эритма миқдорига айлантрилади. Титрланадиган кислоталик X қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{V \cdot k \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2},$$

бу ерда: V - титрлашга сарфланган 0,1 н ишқор эритмаси миқдори, мл;

k - тегишли кислотага қайта ҳисоблаш коэффициенти:

олма кислотаси	– 0,0067
лимон кислотаси	– 0,0064
сирка кислотаси	– 0,0060
сут кислотаси	– 0,0090
вино кислотаси	- 0,0070

V_1 - тадқиқот этилаётган маҳсулот эритмасидан тайёрланган экстракт ҳажми, мл:

g - тадқиқот этилаётган маҳсулот ҳажми ёки намуна ўлчами, мл ёки г;

V_2 - титрлаш учун олинган тадқиқот қилинаётган маҳсулот фильтратини ҳажми, мл.

3.4.2. Актив кислоталикни аниқлаш

Актив кислоталик ярим тайёр маҳсулотлар ва хом-ашёда кечаётган коллоид, микробиологик ва ферментатив жараёнлар ва тайёр маҳсулотларни таъм хусусиятларига сезиларли таъсир қилади. Аммо, актив кислоталикни аниқлаш маълум қийинлиги билан фарқланади. Шунинг учун тайёр озик-

овқат маҳсулотларини сифати меъёрий-техник ҳужжатларда титрланадиган кислоталик бўйича белгиланади.

Агар озик-овқат маҳсулотларининг таркибида маълум миқдорда водород ионии бўлса, улар нордон бўлади. Н ионии қанча кўп бўлса, нордонлик шунча юқори бўлади.

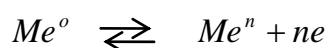
Актив кислоталик даражаси ёки водород ионларининг концентрацияси шу 1 л эритмадаги Н ионининг граммларда ифодаланган миқдори билан белгиланади. Масалан, сувда Н концентрацияси миллионнинг бир бўлаги ёки 10^{-7} г/л (10000000 л сувда 1 л Н ионлари бўлади) ни ташкил қилади. Водород кўрсаткичи рН водород ионлари кўрсаткичи даражасининг тескари белгиси сифатида қаралиши мумкин. Агар водород ионларнинг концентрацияси $\frac{1}{10000000}$ ёки $\frac{1}{10^6}$ бўлса, рН-6 бўлади. Бундай белгилашда рН сони қанча кичик бўлса, водород ионларининг сони шунча юқори бўлади. рН-7 га тенг бўлса (нейтрал нукта) нордонлимк сезилмайди. рН-7 дан паст бўлса маҳсулот нордон бўлиб қолади.

Актив кислоталик колориметрик ва потенциометрик усулларда аниқланади. Биринчи усул нисбатан оддийроқ, аммо тахминий натижалар беради ва шу сабабли кам ҳолларда ишлатилади.

Колориметрик усул индикаторларни ўз бўялишини муҳитни турли рН қийматларида ўзгартиришга асосланган. рН ни колориметрик усулда аниқлашда тадқиқот этилаётган маҳсулотда ҳўлланган рН қийматларга мос келувчи рангли стандарт шкала ранги билан солиштирилади.

Потенциометрик усулни моҳияти тадқиқот этилаётган эритмага туширилган электрод потенциалини эритма рН га боғлиқ ҳолда ўзгаришига асосланган.

Металл электрод шу металл ионлари мавжуд бўлган эритмага туширилганда қаттиқ ва суёқ фазалар ўртасида мувозанат юзага келади



Металл – эритма чегарасида пайдо бўладиган электрод потенциавли катталиги мувозанат потенциали деб аталади. Металл электрод потенциалини эритмадаги металл ионлари концентрациясига боғлиқлиги Нернст тенгламаси билан ифодаланади:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln C_{Me}$$

бу ерда: E - металл ионларини эритмадаги берилган концентрациясига мос келувчи металл электрон потенциали;

E_0 - ушбу электродни ионлар концентрацияси 1 га тенг бўлган потенциали (нормал потенциал);

C_{Me} - металл ионлари концентрацияси;

R - газ доимийси;

T - абсолют ҳарорат;

F - Фарадей сони;

n - металл ионларини заряди.

Ионлар концентрацияси C_{Me} улар активлиги a_{Me} билан алмаштирилади.

$$a_{Me} = f \cdot C_{Me},$$

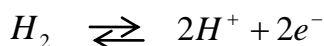
бу ерда f - активлик коэффициентини.

Потенциални пайдо бўлиши электронларни қайтарувчидан электродга ва электроддан оксидловчига ўтиши бир хил тезлик билан содир бўладиган динамик мувозанат билан тушунтирилади.

Электрод мувозанат потенциалини эритмадаги ион концентрацияси (активлиги)га боғлиқ ҳолда ўзгариши электродни шу катион ёки анионга нисбатан қайтувчанлиги деб номланади. Шунга боғлиқ ҳолда биринчи ва иккинчи турдаги электродлар фарқланади.

Металли шу металл тузи мавжуд бўлган эритмага туширилса, электрод потенциалини белгиловчи оксидланиш-қайтарилиш тизими ҳосил қилинади. Бундай тизимда электрод потенциали фақат эритмадаги катионлар концентрацияси(активлиги)га нисбатан белгиланади. Бундай металл

электродлар эритмадаги ўз катионларига нисбатан сезгир бўлиб, биринчи турдаги электродлар деб номланади. Уларга симобли, кумушли, мисли, кўрғошинли, амальгам гуруҳи электродлари ва бошқа электродлар тегишли. Биринчи турдаги электродларга водород электродлари ҳам тегишли. Металда эриган газсимон водород оксидланиш-қайтарилиш тизимини ташкил қилади.



Аммо кўпгина металллар тезда оксидланиши ва уларни электрод функциясини бузилиши сабабли, улар ўлчашларда ишлатилмайди.

Иккинчи турдаги электродлар металл электродлар ҳисобланиб, улар бир хил анионли бошқа тузни ортикча миқдорига эга бўлган шу метални кам эрувчи тузини тўйинган эритмасига туширилган бўлади. Бу ҳолда электрод потенциали тегишли анион концентрацияси (активлиги) билан белгиланади. Иккинчи турдаги электродларга хлор кумушли ва каломел электродлар тегишли.

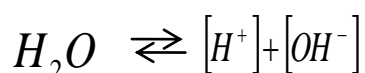
Потенциометрик титрлашда ишлатиладиган электродлар, ҳамма ҳолларда қайтувчан, яъни уларни потенциали эритмадаги ионлар концентрацияси (активлиги) ўзгариши сарин Нернст тенгламасига мувофиқ ўзгариши керак.

Эритмадаги аниқланадиган ион концентрациясига сезгир бўлган электрод оддий титрлашдаги индикаторни алмаштиради ва индикаторли электрод деб номланади.

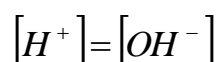
Индикаторли электрод потенциали титрлаш жараёнида ўз потенциалини ўзгартирмайдиган ва фақат индикаторли электрод потенциалини аниқлаш учун хизмат қиладиган қандайдир бошқа кутбланмаган электродга нисбатан аниқланади. Бундай электрод ёрдамчи ҳисобланиб, таққослаш электрода ёки стандарт электрод деб номланади. Таққослаш электродлари сифатида иккинчи турдаги электродлар (Каломел электроди Hg/Hg_2 , Cl_2/KCl , симоб сульфат электроди $Hg/HgSO_4/H_2SO_4$, хлор кумушли $Ag/AgCl/NaCl$ ва бошқалар) хизмат қилади. Шундай қилиб,

эритмадаги ионлар концентрациясини потенциометрик ўлчаш усули тадқиқот этилаётган муҳитга жойлаштириладиган иккита махсус электродлар электрик потенциали айирмасини ўлчашга асосланган.

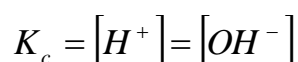
Потенциометрик усул тадқиқот этилаётган муҳитни кислотали ёки ишқорий хусусиятларини тавсифловчи водород ионлари активлигини ўлчашда кенг ишлатилади. Эритмаларда водород ионларини пайдо бўлиши бир қисм сув молекулаларини водород ва гидроксил ионларига диссоциланиши билан боғлиқ, яъни



Сув нейтрал бирикма бўлиб, ундаги у ёки бу ионлар концентрацияси бир хил. Унда қуйидаги тенгликни ёзиш мумкин:

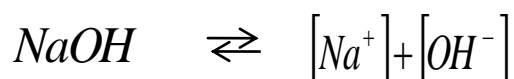


Сувдаги водород ионлари билан гидроксил ионлари концентрацияларини кўпайтмаси сувнинг ион кўпайтмаси K_c дейилади.



Муаян температурада K_c ўзгармас катталик. Унинг 22 °Сдаги сон қиймати 10^{-14} га тенг. Сувни диссоциланишида бир хил миқдордаги водород ва гидроксил ионлари ҳосил бўлиши ($H^+ = OH^-$) сабабли, уларни ҳар бирини концентрацияси 10^{-7} га тенг.

Кислота ва ишқорлар ҳам сувли эритмаларида диссоцилланади: кислоталар – водород ионлари ва кислота қолдиғи анионларига ва ишқорлар – металл катионлари ва гидроксил ионларига, яъни



Эритмадаги кислота концентрациясини ошиши сарин водород ионлари концентрациясини ошиши, эритмадаги ишқор концентрациясини ошишида эса гидроксил ионлари концентрациясини ошиши кузатилади ва бу водород ионлари концентрациясини пасайишини келтириб чиқаради. Демак, водород ионлари концентрацияси билан турли эритмаларни тавфсифлаш мумкин. Амалиётда водород ионлари концентрациясини, уни тескари ишора билан олинган ўнлик логарифми билан ифодалаш қабул қилинган. Бу катталиқ водород кўрсаткичи рН дейилади ва қуйидагича аниқланади:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Демак, эритмани нейтрал муҳити рН=7 га, кислотали муҳит рН<7, ишқорий эса рН>7 (7 дан 14 гача) мос келади. Ўша кислотали ва ўша ишқорий эритмалар рН ни нолдан кичик (-1 ÷ -2) ва 14 дан катта (15-16) қийматлари билан тавфсифланиш мумкин.

Юқоридаги боғлиқлар кучсиз электролитлар ва унчалик юқори бўлмаган концентрациялар учун кучга эга. Концентрланган эритмалар ёки кучли электролитлар рН ни аниқлашда ионлар ўртасидаги электростатик таъсир кучларини ҳисобга олиш зарур бўлади. Бунинг учун қиймати 1 дан кичик бўлган тузатиш кўпайтувчиси активлик коэффициенти f_H киритилади. Водород кўрсаткичи рН ни аниқлаштирилган формуласи қуйидаги шаклга эга:

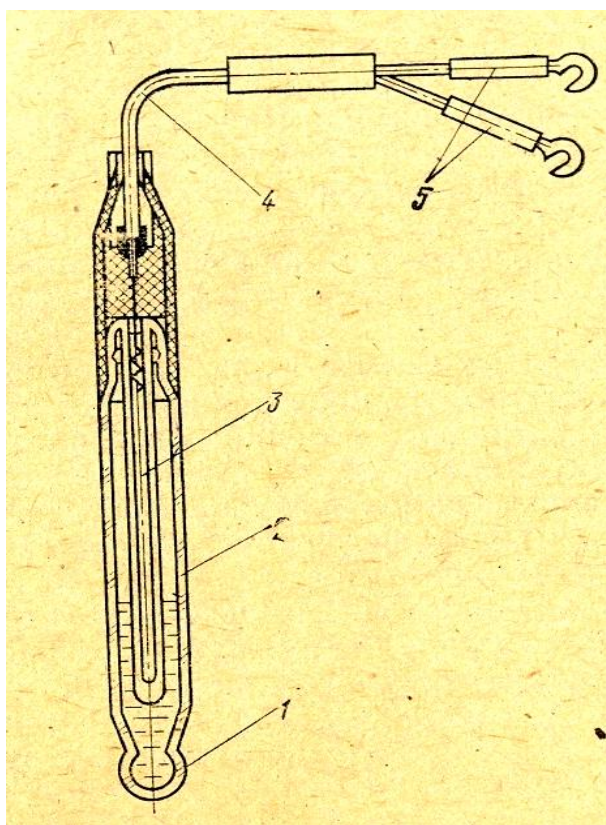
$$pH = -\lg a_H = -\lg(f_H \cdot [H^+]),$$

бу ерда a_H - водород ионларини эритмадаги активлиги.

Электродлар. рН ни потенциометрик ўлчаш усули тадқиқот этилаётган эритмага танлама таъсирга эга бўлган, махсус электрод тизими туширилганда ҳосил бўладиган электрод потенциалини ўлчашга асосланган. Электрод тизимини электр юритучи кучи (ЭЮК) эритмадаги водород ионлари активлигига боғлиқ. Шундай қилиб, электрод тизими доимий равишда иккита, яъни ўлчов ва ёрдамчи электродлардан иборат бўлади. Ўлчов электродини потенциавли эритмадаги водород ионлари

концентрацияси билан функционал боғлиқ бўлса, ёрдамчи электрод потенциали эса ўлчаш жараёнида ўзгармас сақланиши керак.

Ўлчов электродлари сифатида шиша ва сурмали электродлар кенг ишлатилади. Шунингдек, водородли, хингидринли ва баъзи бошқалари ҳам маълум бўлиб, аммо улар ўлчаш амалиётида жуда кам ишлатилади. Ёрдамчи электродлар сифатида каломел ва хлоркумушли электродлар кенг тарқалган бўлиб, бошқа кўринишдагилари эса деярли ишлатилмайди.



Расм 3.4. Универсал шиша электрод:
1-мембрана; 2-корпус; 3-контактли электрод; 4-чиқиш ўтказгичи; 5-қисқичлар.

Шишали универсал электрод (расм 3.4) корпуси 2 қолибланган шишали трубкадан тайёрланган. Унинг бир учига электродни фаол қисми ҳисобланмиш, махсус электрод шишасидан тайёрланган мембрана 1 кавшарланган. Мембрана турли шаклда (шарсимон, игнасимон ва бошқа) тайёрланиши мумкин. Корпусни ички қисми унчалик кўп бўлмаган миқдордаги кумуш хлориди кристаллари қўшилган 0,1 н хлор кислотаси эритмаси билан тўлдирилган. Эритмага контактли электрод 3 (хлоркумушли ёки каломел) чўктирилган бўлиб, ундан чиқиш

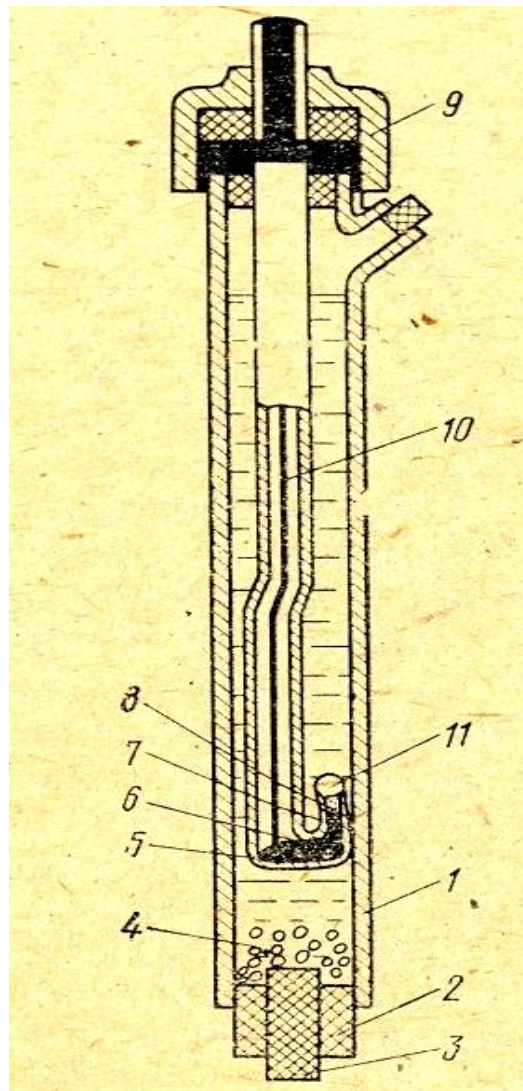
ўтказгичи чиқарилган ва у потенциални ўлчов асбобига узатувчи кабел қисқичлари 5 билан якунланган. Герметиклаш мақсадида электродни юқори қисмига полэтиленли зичлаштирувчи қоққоқ кийдирилган.

Сезгир шишали мембраналарни тайёрлаш учун бир валентли металллар (Na, Li, K ва бошқалар) қўшилмаларига эга бўлган турли шиша навлари ишлатилади. Улар пайдо бўладиган электростатик кучлар таъсирида шишани

кристалл силикатли панжараларидан узилиб чиқади ва эритмага ўтишади, улар ўрнини эса эритмадан ўтаётган фаол водород катионлари (H^+) эгаллайди.

Сурмали ($SbSb_2O_2$) ўлчов электродлари сурьма қатлами билан қопланган платинали ўтказгичдан ёки стержен кўринишидаги металл сурмадан тайёрланади. Электрод потенциали сурьма метали ва унинг оксиди чегарасида пайдо бўлади. Хамир, опара ва юқори қовушқоқликка эга бўлган озиқ-овқат маҳсулотларини кислоталигини аниқлаш учун мўлжалланган, ўз-ўзини тозаловчи махсус сурмали электродлар мавжуд.

Каломел электрод корпуси (расм 3.5) шишали трубка 1 шаклида бўлади. Унинг туби назорат қилинадиган эритма контакт ўрнатиладиган ярим ўтказувчан тўлдирувчи 3 резинали пробка 2 билан бекитилади. Трубкага калий хлоридни 4 тўйинган эритмаси куйилади ва унга трубка 5 туширилади. Трубка 5 ни пастки қисми симоб 6, каломел 7 (симоб хлорид $HgCl_2$) ва калий хлориди 8 кристаллари билан тўлдирилади. Ички трубкини пастки учи пахтали ёки асбест тампон билан бекитилади. Симобдан ўлчов асбобигача бўлган электр

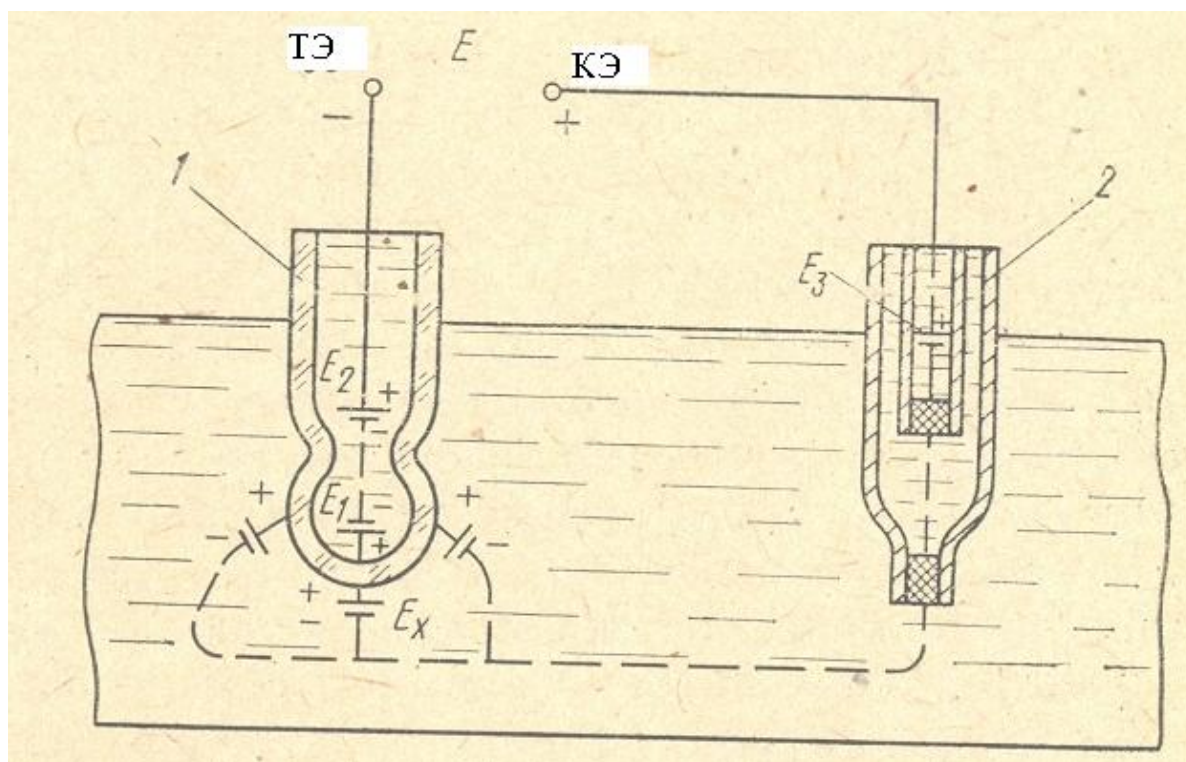


Расм 3.5. Каломелли тальюслаш электроди:

- 1-шишали трубка; 2-резинали пробка; 3-тўлдирувчи; 4-калий хлорид эритмаси; 5-трубка; 6-симоб; 7-каломел; 8-калий хлорид кристаллари; 9-қалпоқ; 10-ўтказгич; 11-тампон

улаш ўтказгич 10 ёрдамида амалга оширилади. Шишали трубка – корпус юқори қисмида қалпоқ 9 билан бекитилган. рН ни турли шароитларда ўлчаш учун фойдалиладиган каломел электродларни кўп сонли конструкциялари мавжуд. Аммо, озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда бу электродлар, уларда симоб мавжуд бўлганлиги сабабли ўта эҳтиёткорлик билан фойдаланилиши керак.

Хлор-кумушли ёрдамчи электрод кумуш стержени кўринишида бўлиб, уни юзаси қийин эрувчи AgCl тузи қатлами билан қопланган ва бу стержен калий хлоридни тўйинган эритмасига туширилган. Хлор кумушли электродни 18 °С ҳароратда 1 н KCl эритмасидаги потенциали 0,2179 в ни ташкил қилади. Бу электродлар озиқ-овқат маҳсулотларини таҳлил этишида кенг ишлатилади.



Расм 3.6. Эритмалар рН ўлчов ўзгартиргичини функционал электрик схемаси:

1-шишали ўлчов электроди; 2-ёрдамчи электрод

Эритма рН ни ўлчаш учун мўлжалланган ўлчов ўзгартиргичини (ячейка) электр занжири (расм 3.6) ички ёрдамчи электродга (электр занжирни яратиш учун) эга бўлган шишали ўлчов электроди 1 ва назорат

қилинаётган эритма билан контактни амалга оширувчи ташқи ёрдамчи электрод 2 дан иборат. Электродлар таҳлил этилаётган эритмага туширилганда шарикни шиша юзаси ва эритма ўртасида ионлар алмашинувчи рўй беради. Буни натижасида электрод шишасида мавжуд бўлган бир валентли металл ионлари эритмага ўтади ва эритмадаги водород ионлари билан алмашади. Бундай ўзаро таъсир натижасида шиша юзаси ва назорат қилинаётган эритма ўртасида эритмадаги водород ионларини активлиги келтириб чиқарадиган потенциаллар айримаси E_x (В да) пайдо бўлади:

$$E_x = E_0 + \left(2,3 \frac{RT}{F}\right) \lg a_H,$$

бу ерда: E_0 - нормал потенциал, В;

a_H - эритмадаги водород ионларини активлиги.

Шундай қилиб, тадқиқот этилаётган эритмага туширилган шишали электрод потенциалини ўлчай туриб рН ни аниқлаш мумкин.

Электрод тизимида пайдо бўлаётган электр юритувчи куч E шишали электрод ички юзасида пайдо бўлаётган ЭЮК E_1 , контактли электродлар ЭЮК лари E_2 ва E_3 ва шишали электрод ташқи юзасида пайдо бўлаётган ЭЮК E_x ни алгебраик йиғиндисига тенг. Шундай қилиб, йиғинди ЭЮК қуйидагига тенг:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_x$$

E_1 , E_2 ва E_3 ЭЮК катталиклари таҳлил этилаётган муҳит таркибига боғлиқ эмас ва фақат ҳарорат ўзгариши билан ўзгаради. Шишали электрод ташқи юзасида пайдо бўлаётган E_x ЭЮК катталиги рН қиймати ва таҳлил этилаётган эритма ҳарорати билан белгиланади. Шундай қилиб, потенциометрик ўлчаш ячейкаси ҳосил қилаётган ЭЮК ни ўлчай туриб, таҳлил этилган эритма хусусиятини тавфсифловчи рН катталиги қийматини аниқлаш мумкин. Бунда, шуни назарда тутиш лозимки, электродли ячейка ЭЮКси ҳам рН катталиги ва ҳам эритма ҳароратига боғлиқ.

Электрод тизими ЭЮКсини рН га боғлиқлиги уни характеристика эгилувчанлиги билан тавфсифланади ва биринчи навбатда шишали электрод хусусиятлари билан белигиланади. Электрод тизимини характеристика эгилувчанлиги (мВ/рН да) қуйидагича аниқланади:

$$S = \frac{\Delta E}{\Delta pH} = 58,06 + 0,0198t_p$$

бу ерда t_p - эритма ҳарорати, °С

Шундай қилиб, эритма ҳароратини ўзгариши электрод тизимни характеристика эгилувчанлигини ва шу билан бирга уни ЭЮК сини ўзгартиради. Одатда, ёрдамчи электродлар ва тўлдиручи эритмалар, ҳарорат ўзгаришида электрод тизими ЭЮК сини ўзгариши энг кам, эритма рН ни маълум қийматида эса нолга тенг бўлиши ҳисобида танланади.

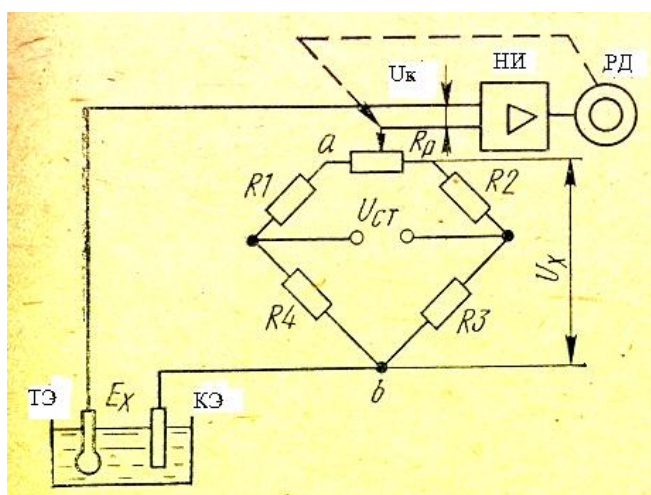
Ўлчов схемалари. Назорат қилинаётган эритмани берилган ҳароратдаги рН катталиги тегишли электрод тизимини ЭЮК бўйича тегишли электр ўлчов асбоби ёрдамида аниқланади. Эритмалар рН ни назорат қилиш учун кўпгина ўлчов схемалари ишлатилади.

Уларни кўпчилиги қуйидаги иккита гуруҳлардан бирига тегишли деб топилиш мумкин: ЭЮК ни бевосита ўлчаш схемаси; ЭЮК ни компенсациялаб ўлчайдиган схемалар.

Электрод тизими ЭЮК ни бевосита ўлчаш усули лаборатория типидagi кўчма асбоблар асосини ташкил этади ва бу асбоблар юқори ўлчаш аниқлиги талаб қилинмайдиган ҳолларда ($\pm 0,1$ рН дан юқор эмас) ишлатилади. Ўлчанаётган ЭЮК ни маълум катталиқдаги кучланиш билан компенсациялашга асосланган рН ни ўлчаш асбоблари кенг тарқалган. Компенсация тамойилига асосланган асбобларда, ўлчанаётган ЭЮК компенсациялаш кўприкли схемалардан фойдаланилиб амалга оширилади. Бу эса созлаш ва ростлаш оддийлигини, ҳарорат тузатишларини нисбатан осон киритилишини ва бошқаларни таъминлайди.

Динамик компенсациялаш ўлчов схемасида (расм 3.7), кўприк стабиланган ўзгармас, кучланиш U_{cm} манбаига уланади. Нол индикатор НИ

(кучайтиргич) ўлчаш ячаейкаси ЭЮК E_x ва кўприк диоганалларидаги компенсациялаш кучланиши U ўртасидаги айирмани қайд қилади ва нобаланс кучланиш (сигнал) ишлаб чиқаради. Компенсациялаш ўлчов схемасида ЭЮК маълум элемент (U_{cm}) ва ЭЮК номаълум элемент (E_x) шундай уланадики, уларни токлари бир-бирига қарама-қарши йўналган бўлади. Агар тоқлар бир хил бўлса, улар бир-бирини компенсация қилади ва нобаланс кучланиш нолга тенг бўлади. Компенсация моменти кучайтиргич чиқишига уланган реверсив электродвигател РД орқали компенсацион ўзгарувчан қаршилик двиожини автоматик силжитиш йўли билан ўрнатилади.



Расм 3.7. рН ни динамик компенсациялаш ўлчов схемаси

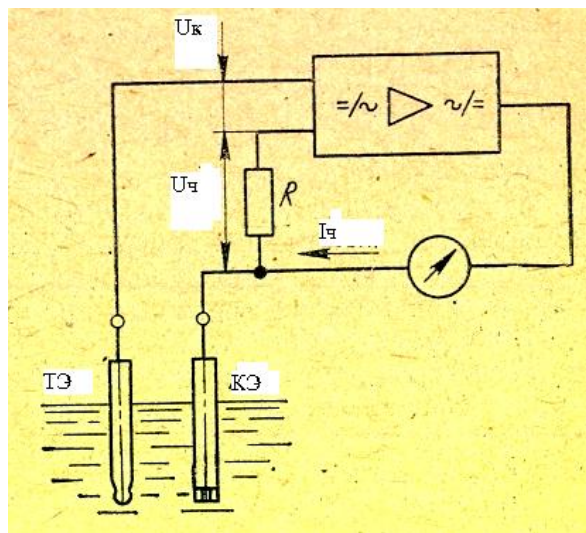
рН метрларни ўлчов схемаларида ишлатиладиган ўзгармас ток кучайтиргичлари тўғридан-тўғри кучайтириш схемалари ёки кириш сигналини ўзгарувчан кучланишга ўзгартириш, кучайтириш ва чиқишда уни тескари ўзгартиришдан фойдаланган ҳолда бажарилади.

Статик компенсациялаш ва ток бўйича чуқур тескари манфий алоқа фойдаланилган схемалар янада қулай ва ишончли бўлиб, уларда компенсацион ўлчаш схемалари ва бевосита қайд қилиш схемаларини авфвзалликлари мужассамлашган. Статик компенсациялаш схемасида (расм 3.8) электрод тизими ҳосил қиладиган ЭЮК E_x , қаршилик R даги кучланиш тушиши $U_{\text{вых}}$ билан таққосланади. Қаршилик R орқали кучайтиргичдан чиқаётган ток $I_{\text{вых}}$ ўтади. Кучайтиргични киришига кучланиш E_x ва

қаршилик R даги кучланиш тушиши айирмаси бериледи. Демак, кириш кучланишини қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$U_{\text{вх}} = E_x - U_{\text{вбх}} = E_x - I_{\text{вбх}} \cdot R.$$

Кучланиш $U_{\text{вх}}$ выброўзгартиргич ёрдамида ўзгарувчан кучланишги айлантирилади, кучайтирилади ва кейин яна ўзгармасга айлантирилади. Кучайтиргич чиқишидаги ўзгармас кучланиш $I_{\text{вбх}}$ токи билан бошқарилади. Агар кучайтиргични кучайтириш коэффициентини K орқали ифодаланса, унда қуйидагини ёзиш мумкин:



Расм 3.8. рН ни статик компенсациялаш ўлчов схемаси

$$U_{\text{вбх}} = U_{\text{вх}} K = (E_x - U_{\text{вбх}}) \cdot K = (E_x - I_{\text{вбх}} \cdot R) \cdot K$$

ёки

$$E_x = U_{\text{вбх}} \left[\frac{K+1}{k} \right] = I_{\text{вбх}} R \left[\frac{K+1}{k} \right] \approx I_{\text{вбх}} \cdot R$$

Бу тенгламадан кўриниб турибдики, етарлича катта кучайтириш коэффициентида (K 500 дан паст қабул қилинмайди) кўпайтувчи $\left[\frac{K+1}{k} \right]$ бирга яқин бўлади. Бу ҳолда қуйидагиларни таъкидлаш мумкин:

- Кучланиш $U_{\text{вбх}}$ электрод тизим томонидан ҳосил қилинадиган ЭЮК E_x дан кам фарқланади ва шу сабабли электродлар орқали ўтаётган ток кучи жуда кичик;
- Қаршилик R орқали ўтаётган ток кучи электрод тизими томонидан ҳосил қилинадиган ЭЮК ни ўлчови ҳисобланади.

Шундай қлиб, актив кислоталикни аниқлашнинг асосий усулларидан бири потенциометрик усул ҳисобланади. Юқорида таъкидланганидек, бу

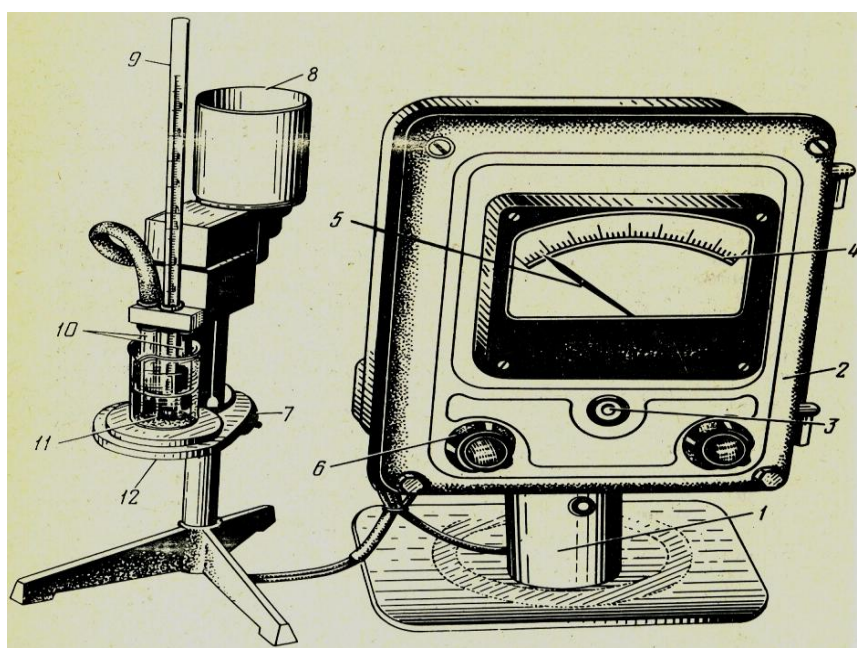
усул нафақат эритмалардаги водород ионлари концентрациясини – рН ни аниқлашда (тўғридан-тўғри потенциометрик усул), шунингдек рангли индикатор металл электродлар билан алмаштирилган потенциометрик титрлашда ҳам кенг ишлатилади. Қуйида баъзи озиқ-овқат маҳсулотларини кислоталигини потенциометрик титрлаш йўли билан аниқлаш бўйича ишларни бажариш тартиби келтирилади.

3.4.3. Сутни актив кислоталигини рН 222.2 асбобида аниқлаш

рН 222.2 асбоби (расм 3.9) лаборатория шароитида фойдаланишга мўлжалланган бўлиб, асбоб комплекти датчик ва юқори омли ўзгартиргичдан иборат. Юқори омли ўзгартиргични юза қисмида ўлчов асбоби, асбобни буфер эритмалар бўйича калибрлаш учун мўлжалланган ўзгарувчан қаршилик, ўлчаш диапазонларини улаш калити ва асбобни ишлаётганлигини сигнализация қилувчи ёритгич жойлаштирилган. Ўзгартиргич корпусига штативга В га маҳкамланган асбоб датчики (шишали ва хлоркумушли таққослаш электроди) ва стакандаги намунани жойлаштириш учун мўлжалланган ҳаракатланувчан столча уланади.

Асбобда шишали электродларни икки модификацияси ишлатилади, яъни суёқ маҳсулотлар учун мўлжалланган шарсимон сезгир мембранали (ЭСЛ 45-08) ва қовушқоқ маҳсулотлар учун мўлжалланган конус мембранали (ЭСЛ 45-08) электродлар. Асбобни юқори омли ўзгартиргичи статик автокомпенсациялаш тамойили бўйича қурилган. Ўзгартиргични кириш қаршилиги 1000 Ом дан паст эмас. Асбобни техник кўрсаткичлари 3.3-жадвалда келтирилган.

Кўрсаткичлар	pH 222.2 асбоби
Умумий ўлчаш диапазоли, pH бирлиги	3-8
Поддиапазонлар, pH бирлиги	3-4; 4-5; 5-6; 6-7; 7-8
Хатолик чегаралари, pH бирлиги юқори омли ўзгартиргич учун	$\pm 0,015$
5-40 °C ҳарорат диапазолида ўлчашда асбоб комплекти учун	$\pm 0,05$
Асбобни қувватланиши:	
ўзгарувчан ток кучланиши, В	220 \pm 22-33
частотаси, Гц	50 \pm 1
Комплектни габарит ўлчамлари, мм	450x200x300
Ишлатиш шароити:	
атроф-муҳит ҳарорати, °C	5-35
нисбий намлик, 25 °C да %да	95



Расм 3.9. Сут кислоталигини аниқлаш pH-222.2 асбоби:
 1-устун; 2-корпус; 3-назорат ёритгичи; 4-шкала; 5-стрелка; 6-клемма; 7-столчани фиксациялаш винти; 8-калий хлоридни тўйинган эритмаси қуйилган пластмассали стакан; 9-термометр; 10-электродлар; 11-сут учун идиш; 12-столча

Ишни бажариш тартиби.

1. Асбоб электр манбаига уланади ва ишни бошлашга қадар 30 мин давомида иситилади. Ишга яроқли асбобда назорат ёритгичи 3 ёниши керак.

2. Стол винт 7 ёрдамида пастга туширилиб, ўнгга бурилади ва стаканча олинади.

3. Электродлар 10 дистилланган сув билан яхши ювилади ва улардаги ортиқча намлик фильтр қоғози билан қуритилади.

4. Стаканга уни 2/3 ҳажмигача (40 мл га яқин) сут билан тўлдирилади, кейин яна 12 столчага жойлаштирилади ва чапга бурилади. Сутни ҳарорати 20 ± 2 °С бўлиши керак.

5. Столча юқорига шундай кўтарилиши керакки, электродлар 10 сутга чўксин ва шундан сўнг столча винт ёрдамида маҳкамланади.

6. Электродлар сутга чўктирилгандан кейин 10-15 сек ўтгач, шкала 4 бўйича стрелка 5 кўрсатишлари қайд қилинади. Расм 3.9 да сутни кислоталигни аниқлашга мўлжалланган рН 222.2 асбоби модификацияси келтирилган бўлиб, уни юза қисмида жойлашган назорат ёритгичида 6 рақами мавжуд ва шкала рН ни ўнлик ва юзлик қийматларида даражаланган. Сутни рН кўрсаткичини аниқлаш учун стрелка кўрсаткишларига 6 рақамини кўшиш зарур бўлади.

7. Қуйида келтирилган 3.4-жадвалдан фойдалана туриб, рН кўрсаткичи бўйича сутни титрланадиган кислоталиги аниқланиши мумкин.

Электродларни олдинги сут намуналари қолдиғидан озод этиш учун электродлар янги сут намунасига киритилгач, стаканга ўз ўқи автрофида бир мунча бурилиши керак. Сут намуналарини алмаштириш вақт оралиқларида электрод юза қисмини қуриб қолишига йўл қўймаслик зарур. Агар олдин фойдаланилган сут намунаси кислоталиги ўта юқори бўлса, унда электродлар дистилланган сув билан чайилиши ва артилиши керак. Мисол. Хом сутни кислоталиги ўлчанганда стрелка шкалани 74 бўлинмасини кўрсатган ва ёритгичда 6 рақами ёниб турган. Унда $pH = 6 + 0,74 = 6,74$. 3.4-жадвал бўйича рН 6,74 да сутни кислоталиги 16 °Т эканлиги топилади.

Электродлар ишсиз ҳолатида кучсиз нордонлаштирилган дистилланган сувга (40-50 мл сувга 1 томчи хлор ёки сульфат кислотаси томизилади) ботирилган бўлиши керак. Нордонлаштирилган сув сут кислоталиги ўлчанадиган стаканчага қуйилади.

Асбобни аниқ ишлаши ҳар куни рН 6,88 бўлган стандарт буфер эритмаси бўйича (эритмани аниқ 20 °С ҳароратида) текширилиши керак. Стрелкани шкаладаги кўрсатиши 6,88 га мос келиши керак. Мос келмаган ҳолларда клемма 6 олиниб, асбоб соланади. Текширишдан кейин электродлар буфер эритмаси қолдиқларидан озод этиш мақсадида дистилланган сув билан ювилиши керак ва кейин фильтр қоғози билан қуригунича артилиши керак.

Асбоб намунали буфер эритмаларини тайёрлаш учун мўлжалланган стандарт титрлар билан таъминланади. рН 6,88 бўлган буфер эритмаси 0,025 н калий гидрофосфат ($KHPO_4$) ва 0,025 н калий дегидрофосфат (KH_2PO_4) эритмаларидан иборат. Пластмассали стакан 8 ва ёрдамчи электрод доимий равишда калий хлоридни тўйинган эритмаси (350 г калий хлорид 1 л дистилланган сувга эритилади) билан тўлдирилган бўлиши керак.

3.4-жадвал

рН кўрсатишларни сутни титрланадиган кислоталигига айлантириш

Хом сут		Пастерланган сут	
Титрланадиган кислоталик	рН	Титрланадиган кислоталик	рН
1	2	3	4
16	6,70-6,74	16	6,63-6,65
17	6,65-6,69	17	6,58-6,62
18	6,68-6,6	18	6,52-6,57
19	6,52-6,57	19	6,46-6,51
20	6,46-6,51	20	6,40-6,45
21	6,40-6,45	21	6,35-6,39
22	6,35-6,39	22	6,30-6,34
23	6,30-6,34	23	6,24-6,29
24	6,24-6,29	24	6,19-6,23

Кислоталикни электрометрик титрлаш усули билан аниқлаш.

Қорамтир тусдаги экстаркт ва шарбатларни кислоталигини аниқлашда электрометрик ёки потенциометрик титрлашдан фойдаланиш энг аниқ натижалар олинишини таъминлайди.

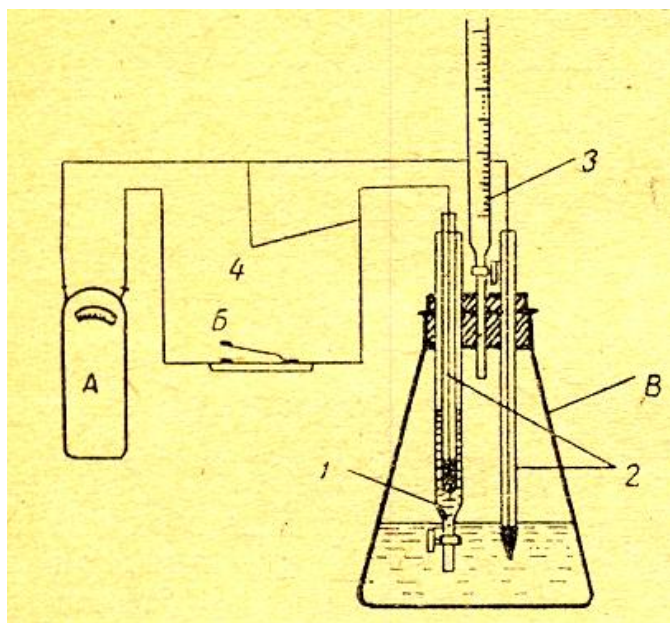
Кислоталикни электрометрик ёки потенциометрик титрлаш усулида аниқлаш асослари юқорида кўриб чиқилган эди. Бу усулда нейтраллаш моменти тадқиқот этилаётган суюқликни электр ўтказувчанлигини маълум шароитларда йўқолиши ёки кескин камайиши билан ўрнатилади. Электр ўтказувчанлик сезгир гальванометр ёрдамида ўлчанади. Юқорида таъкидланганидек, кислотали ёки ишқорий муҳитга туширилган иккита электродлар (индикаторли ва стандарт) ўртасидаги потенциаллар фарқи пайдо бўлади. Потенциаллар айирмаси эритмадаги водород ва гидроксил ионларини бошқа катион ва анионларга нисбатан юқори ҳаракатланиш тезликлари сабабли ҳосил қилинади. Нейтраллаш давомида водород ионлари ўрнига кам ҳаракатчан катионлар ҳосил қилинади ва электрўтказувчанлик нейтраллаш охиригача пасайиб боради. Нейтраллаш пайтида қўшилган ишқорни озгина ортиқча микдорида, гидроксил ионларини тўпланиши сабабли, электрўтказувчанлик кескин ошади.

Шуни таъкидлаш лозимки, электр ўтказувчанликни кескин ўзгариш нуқтаси кучли кислота ва ишқорлар учун хос. Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишда, одатда, нейтралланиш нуқтасига кескин ўтиш хос бўлмаган кислота ва асослар титрланади. Шунинг учун ҳам аниқлаш диққат билан амалга оширилиши керак. Бўялган суюқликлар учун усул стандарт ҳисобланади.

Асбоб ва жиҳозлар: Электрометрик титрлаш асбоби (расм 3.10); ланцет.

Реактивлар: 0,1 н ишқор эритмаси; калий хлоридни фенолфталеин бўйича 0,1 н ишқор эритмаси билан нейтралланган эритмаси; платинали ва хингидринли электродлар.

Ишни бажариш тартиби. Конусли В колба ён томонида колбадаги хавони чиқиши учун тешик мавжуд бўлган каучукли пробка билан бекитилади. Пробка уч жойидан тешилади. Бунда диаметри каттароқ тешик хингидринли электрод учун, диаметрлари майдароқ тешиклар эса тегишлича платинали электрод ва бюретка насадкаси учун мўлжалланади. Электродларни бири ўтказгич ёрдамида гальванометр А ни биринчи контактига, гальванометрни иккинчи контакти эса калит Б ни бириинчи қисқичига уланади. Иккинчи электродга уланган ўтказгични бошқа учи эса калит Б ни иккинчи қисқичга уланади. Аниқлаш олдидан гальванометр ростловчи винт ёрдамида стрелкани нолга ўрнатилганлиги бўйича созулиши лозим.



Расм 3.10. Электрометриқ титрлаш асбоби:
А-гальванометр; Б-калитлар; В-Конусли
колба: 1-шишали трубка; 2-платинали
электродлар; 3-бюретка; 4-ўтказгич

Трубкадаги калий хлорид эритмасига ланцет учиди олинган оз миқдордаги хингидрин солинади ва платинали электрод ёрдамида суюқлик билан яхши аралаштирилади.

Конусли В колбага таҳлил учун тайёрланган 50 мл экстракт (агар кам миқдорда олинадиган бўлса, уни ҳажми қайнатилган дистилланган сув ёрдамида 50 мл га етказилади) конусли

колба В га ўтказилади. Шундан сўнг колбага оз миқдорда хингидрин солингач, у колбани айланма ҳаракати суюқлик билан аралаштирилади. Сўнгра колба трубкалар жойлаштирилган пробка билан бекитилади ва учинчи тешик орқали 0,1 н ишқор эритмаси билан тўлдирилган бюретка туширилади. Пробка шундай ўрнатилиши керакки, электрод ва жўмакли

шиша трубкани туби сууюқликка чўктирилган бўлсин. Асбобни тўғри йиғилганлигини текшириш учун Б калит уланади, бунда гальванометр стрелкаси нол ҳолатидан четланиши лозим.

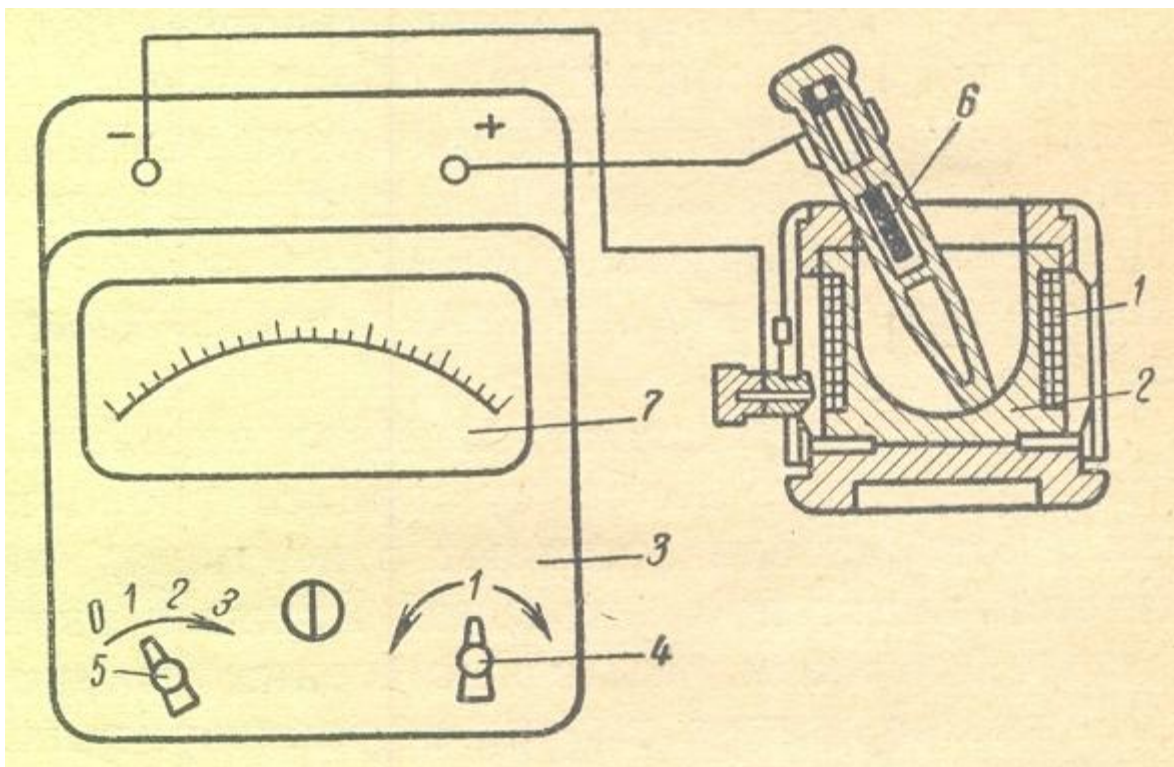
Бюреткадан титрлашда дастлаб 2-3 томчидан, таҳлил якуни олдида эса бир томчидан ишқор эритмаси қўйилади. Ҳар бир томчилар солингандан кейин сууюқлик колбада аралаштирилади ва калит уланади. Занжирни улаш калитга қисқа босишлар орқали амалга оширилади. Титрлаш, навбатдаги ишқор эритмаси қўшилганидан кейин гальванометр стрелкасини қўзғалмай қолишига кўра якунланади. Титрлаш якунлангач, сарфланган ишқор ишчи эритмаси миқдори ҳисобланади.

Ҳисоблаш индикатор ёрдамида титрлаш каби амалга оширилади.

Титрлаш якунлангач, бюретка ва трубкалар жойлаштирилган пробка колбадан олинади ва ювиш мосламаси ёрдамида трубкалардаги хингидрин ва маҳсулот қолдиғи ювилади. Сўнгра дистилланган сув билан колба ҳам яхши ювилади. Шундан сўнг асбоб навбатдаги намунани таҳлил қилиш учун ишлатилиши мумкин.

Агар асбобда ишлаш якунланадиган бўлса, асбобни тадқиқот қилинаётган сууюқлик ва хингидрин билан тегиб турувчи барча қисмлари ювилгач, колбага дистилланган сув қўйилади ва пробкаси шундай ўрнатиладики, платинали электродлар сувга чўктирилган бўлсин.

Электрометрик титрлашни шунингдек, потенциометр ёки иономер ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин (расм 3.11). Бунинг учун сурмали электрод идиш (нейтраллаш учун мўлжалланган индикаторли электрод) 2 га 20-25 мл тадқиқот этилаётган сууюқлик ўлчанади ва унга хлор кумушли электрод (таққослаш электроди) 6 туширилади. Электродлар ўлчов асбобига улангач, фенолфталеин иштирокида 0,1 н *NaOH* эритмаси билан титрланади. Титрлашда гальванометр шакласи кузатиб борилади. гальванометр стрелкаси, фенолфталеин ранги ўзгариши зонасига мос келувчи рН қийматларига (рН=8,5) етганда, титрлаш якунланади.



Расм 3.11. Иономер схемаси:

1-термокомпенсация қаршилиги; 2-сурмали электрод – идиш; 3-ўлчагич корпуси; 4, 5-улаш дастаклари; 6-хлор кумушли элемент; 7-ўлчагич шкаласи.

3.5. Озиқ-овқат маҳсулотларидаги қандларни аниқлаш

Озиқ-овқат маҳсулотлари таркибида мавжуд бўлган ва уларни сифатини аниқлашда аҳамиятли бўлган қандлардан шакар, глюкоза, фруктоза, лактоза (сут қанди), мальтозани таъкидлаш мумкин. Барча ушбу қандалар мис оксидини ишқорий эритмасига бўлган муносабатига кўра редуцияланадиган (мис оксидини қайтарадиган) ва редуцияланмайдиган (мис оксидини қайтармайдиган) гуруҳларга бўлинади. Юқорида санаб ўтилган қандлардан редуцияланадиганларга глюкоза, фруктоза, лактоза, мальтоза тегишли бўлса, редуцияланамайдиганларга эса фақат сахароза тегишли.

Тадқиқот этишда, юқорида санаб ўтилган қандлар қайси маҳсулотларда мавжуд бўлишини билиш муҳим ҳисобланади. Шунини таъкидлаш керакки, қандайдир бир маҳсулотда бу қандлар шакллари хаммаси бир вақтда

мавжуд бўлишмайди. Масалан, сутда фақат лактоза мавжуд бўлиб, излар кўринишида глюкоза ва галактоза, солод ва улар асосида олинган маҳсулотларда фақат мальтоза ва глюкоза (буғдой унида оз миқдорда шакар мавжуд), асалда эса деярли тенг миқдорда глюкоза ва фруктоза ва оз миқдорда шакар учрайди. Узумдан тайёрланган виноларда глюкоза ва фруктоза, баъзи ҳолларда эса шакар (вермут ва шампан виноларида) учрайди.

Мевали ва ликер-ароқли маҳсулотларда, коньякларда ва баъзи ароқ навларида глюкоза ва фруктоза билан бир қаторда шакар мавжуд бўлади. Мураббо, джем, повидло, мармелад, пастила, цукат, шаколад ва кўпгина қандолат маҳсулотлари ҳам маълум миқдорда шакарга эга.

Озиқ-овқат маҳсулотларида шакар билан бир қаторда уни гидролизланиш маҳсулотлари – глюкоза ва фруктоза ҳамма вақт учрайди. Бу маҳсулотлар озиқ-овқат маҳсулотларини сақлаш ва қайта ишлашда шакарни кислотлани ва ферментатив гидролизланиши йўли билан ҳосил қилинади.

Мевалар ва сабзавотларда, шунингдек уларни шарбатлари ва бошқа қайта ишлаш маҳсулотларида турли ўзаро нисбатда глюкоза, фруктоза ва сахароза учраши мумкин.

Одатда, тадқиқот этилаётган маҳсулотларда умумий қанд миқдори аниқланади (мураббо, джем, повидло, узумли ва мевали винолар, ликер-ароқли маҳсулотлар, коньяклар ва бошқалар). Аммо, маҳсулотлар (карамел маҳсулотлари, шакар) сақланувчанлиги улардаги редуцияланадиган шакарлар миқдори билан белгиланиши сабабли, баъзи маҳсулотларда редуцияланадиган қандлар аниқланади. Кам ҳолларда глюкоза ва фруктоза миқдорини алоҳида аниқлашга зарурият туғилади.

3.5.1. Қандларни аниқлаш усуллари таснифи

Озиқ-овқат маҳсулотларидаги қандларни физикавий, физик-кимёвий усуллар билан аниқлаш мумкин.

Физикавий усуллар қандлар миқдорини уларни эритмаларини зичлигига кўра ёки поляризацияланган нур текислигини бурилишига кўра (сахариметрлар ёрдамида) аниқлашга асосланган. Бу усуллар, тадқиқот этилаётган маҳсулотларда фақат шакар мавжуд бўлганида ёки бундан ташқари, оптик фаолликка эга бўлмаган бошқа моддаларга эга бўлган ҳолларда қўлланилиши мумкин.

Физик-кимёвий услублар қандларни электрокимёвий қайтарилишида эквивалент нуқтасини потенциометрик ўлчашга (потенциометрик усул) ва полярографик ярим тўлқин потенциалини аниқлашга (полярографик усул) асосланади. Бундан ташқари, физик-кимёвий усулларга қандларни идентификация қилиш ва аниқлашни хроматографик усули ҳам тегишлидир.

Кимёвий усуллар қандларни (альдегид ёки кетон гуруҳларини) ишқорий муҳитда оксидланишига асосланган. Бунда қайтарилган моддалар миқдорига кўра тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги қандлар миқдори тўғрисида хулоса қилиш мумкин. Ишлатиладиган реактивлар таркиби, оксидланиш-қайтарилиш реакцияларини кечиши шароитларига кўра қандларни кимёвий аниқлаш усулларини қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин:

- I. Мис ва симоб оксиди тузларини ишқорий эритмаларда қайтарилишига асосланган усуллар.
- II. Ишқорий эритмада қизил қон тузи, башқача қилиб айтганда, калий гексациано-(III) ферратни қайтарилишига асосланган усуллар.
- III. Альдегид гуруҳларига эга бўлган қандларни ишқорий эритмаларда йод билан оксидланишига асосланган усуллар.
- IV. Қандларни колориметрик аниқлаш усуллари.

Мис ва симоб оксиди тузларини ишқорий эритмаларда қайтарилишига асосланган усуллар. Булардан CuSO_4 ни ишқорий эритмаларидан (фелинг эритмаси, баъзи ҳолларда Люфф эритмаси)

фойдаланилган усуллар кенг тарқалган. Қайтарилган мис миқдорини аниқлаш усулига кўра бу усуллар икки майда гуруҳларга бўлинади:

1. Қандларни чўкмага тушган мис миқдорига кўра аниқлаш.
2. Фелинг суюқлигини титрланган эритмаларидан фойдаланиш.

Биринчи гуруҳга тегишли бўлган усулларда дастлаб чўкмага тушган мис миқдори аниқланади, сўнгра тадқиқот этилаётган намунадаги қандлар миқдори ҳисобланади. Мис миқдорини аниқлаш йўлларига кўра вазнли ва ҳажмий усуллар ажратилади.

Вазнли усуллар мис (I) оксидни (Cu_2O) металл мисга (Cu) айлантириш ва уни миқдорини бевосита тарозида тортиш билан аниқлашга асосланган. Мейсел ва Аллин усуллари айнан вазнли усуллар ҳисобланади.

Ҳажмий методлар чўкмага тушган мис (I) оксиди (Cu_2O) миқдорини уни эритишдан кейин титрлаш усули билан аниқлашга қаратилган. Ишлатиладиган реактив ва аниқлаш техникасига кўра Бертран, Макс-Миллер, Брунс, Кольтгоф ва Шоорло ҳажмий усуллари фарқлаш мумкин.

Иккинчи гуруҳ усулларида дастлаб инверт қанд бўйича титрланган фелинг суюқлиги тайёрланади, кейин эса бу суюқликни маълум ҳажми редуцияланган қандларга эга бўлган филтратлар (аниқлашни мақсадига кўра А ёки Б филтратлар) билан титрланади. Титрланган Фелинг суюқлигига тадқиқот этилаётган маҳсулот намунаси солиниб, бу суюқликни ошиқча қисми қандни стандарт эритмаси билан аниқланганида ҳам усул моҳияти ўзгармайди.

Қизил қон тузи ишқорий эритмаларини қайтарилишига асосланган қандларни аниқлаш усуллари. Бу усул редуцияланадиган қандларни ишқорий муҳитда қизил қон тузини сариқ қон тузига қайтарилишига асосланган.

Бу гуруҳдаги усуллар озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқотлашда кенг ишлатилади. Бу усуллар коньяк ва ликер – ароқли маҳсулотларни тадқиқотлашда ферроцианид, қандолат маҳсулотларини тадқиқотлашда

феррицианид ва консерваланган маҳсулотларни тадқиқотлашда эса – цианитли усуллар деб номланади.

Альдегид гуруҳларига эга бўлган қандларни ишқорий эритмаларда йод билан оксидланишига асосланган усуллар. Бу усулларда йодни альдоқандларни ишқорий муҳитда миқдорий оксидлаши қобилятидан фойдаланилади. Бу гуруҳ усулларига Вильштеттер-Шудл усули, кўп ҳолларда глюкозани фруктоза иштирокида йодаметрик аниқлаш деб номланадиган усул тегишли.

Қандларни колориметрик аниқлаш усуллари. Бу усуллар редуцияланадиган қандларни баъзи рангсиз бирикмаларни турли бўялган моддалар ҳосил қилиб қайтарилишига асосланган. Бўялиш интенсивлигига кўра тадқиқот этилаётган эритмадаги қандлар миқдори аниқланади.

Бу усулларни ўзига хос хусусияти тадқиқот этилаётган намунада мавжуд бўлган қандларни унчалик юқори бўлмаган концентрацияларини аниқлаш имкониятини яратилиши ҳисобланади.

Қандлар борлиги аниқланаётган озиқ-овқат маҳсулотлари суюқ ёки носуюқ консистенцияга эга бўлиши мумкин. Нормал шароитларда суюқ консистенцияли маҳсулотларда қандлар эритма кўринишида бўлади. Носуюқ консистенцияли маҳсулотларда эса қандлар майда кристаллар кўринишида, аморф шаклда (карамел массасида) ёки ҳужайра шарбатидаги эритмаларда (мева, сабзавотлар ва бошқалар) мавжуд бўлади.

Қандларни аниқлашни энг зарурий шартларидан бири, уларни тоза ҳолдаги сувли эритмаларини олиш ҳисобланади.

Суюқ консистенцияли маҳсулотлардан қандлар эритмаларини олиш учун тадқиқот этилаётган маҳсулотни маълум миқдорини (ёки ҳажмини) суюлтириш керак бўлади. Носуюқ консистенцияли маҳсулотлардан экстракт тайёрланади. Тайёрланган эритмалар ёки эритмалар таҳлилга ҳалақит берувчи йўлдош моддалардан озод қилинган бўлиши лозим. Шакарни аниқлаш учун у инверсияланиши керак.

3.5.2. Тадқиқот этилаётган материални таҳлилга тайёрлаш ва экстрактларни тайёрлаш

Экстрактлар ва эритмалар тадқиқот этилаётган маҳсулотларга бўлган амалдаги стандартларга кўра ажратиб олинган ўрта намуналардан тайёрланади. Агар маҳсулот қаттиқ консистенцияга эга бўлса, у олдиндан майдаланиши ва қандни маҳсулот қуруқ массасига қайта ҳисоблаш учун бошқа маҳсулот намуна ўлчамида намлик аниқланиш зарур. Агар тадқиқот этилаётган маҳсулотда ёғ мавжуд бўлса эфир ёрдамида экстракцияланиши керак.

Таҳлил учун олинган материал намуна ўлчами. Тадқиқот этилаётган намунада кутилаётган қанд миқдорига боғлиқ. Экстракт маҳсулот намуна ўлчамидан шундай ҳисоб билан тайёрланиши керакки ундаги шакар миқдори 0,1-0,5 %ни ташкил этсин. Бу шарт шунинг учун ҳам зарурки, кимёвий реактивлар тегишли концентрацияларда тайёрланади. Юқорида қайд этилган талаблар бузилганда таҳлил ўтказиш қийинлашади ва тадқиқот аниқлиги пасаяди.

Намуна ўлчамини тўғри олиш учун тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги тахминий қанд миқдорини билиш керак.

Экстрактни тайёрлаш учун аввало маҳсулот намуна ўлчамиси g ҳажми V_1 мл бўлган колбага ўтказилади ва ундан V_2 мл экстракт тиндириш учун ҳажми V_3 мл ли ўлчов колбасига олинади. Бу ҳолда тайёрланган экстрактдаги шакар миқдори X қуйидаги формула бўйича ҳисобланиши мумкин:

$$X = \frac{g \cdot k \cdot V_2 \cdot 100}{V_1 \cdot V_3},$$

бу ерда, k - тадқиқот этилаётган маҳсулотда мавжудлиги тахмин қилинаётган қанд миқдорига қайта ҳисоблаш коэффиенти
(маҳсулотдаги қанд миқдори 80 % бўлганда $k = \frac{80}{100} = 0,8$,

қанд миқдори 15 % бўлганда эса $k = \frac{15}{100} = 0,15$ ва ҳоказо);

100 - фоизга қайта ҳисоблаш.

Агар тиндириш бир ўлчов колбасида амалга оширилса, унда формула куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$X = \frac{g \cdot k \cdot 100}{V_1}$$

Экстрактлар сувда ёки спиртда тайёрланиши мумкин. Сувли экстрактлар тадқиқот этилаётган маҳсулотда шакардан ташқари бошқа гуруҳ углеводлари мавжуд бўлмаганда тайёрланади. Сувли экстрактлар умумий редуцияланган қандларни аниқлаш учун қулай. Спиртли экстрактлар тадқиқот этилаётган маҳсулотдан фақат қандларни ажратиш зарурияти бўлганда тайёрланади.

Сувли экстрактларни тайёрлаш учун тадқиқот этилаётган маҳсулот намунаси майдаланиши ва унга дистилланган сув куйилиши керак. Бунда маҳсулотдаги қандлар намунадан сувли экстракт кўринишида ажралади. Бу жараёни иситиш орқали тезлаштириш мумкин.

Сувли экстрактларни тайёрлашда намунага совуқ, иссиқ сув ёки спирт билан ишлов берилади.

Совуқ сув билан ишлов беришда майдаланган маҳсулотдаги қандлар хона ҳароратидаги дистилланган сувда бир маротаба эритилади ва эритмага ўтказилади. Бунинг учун тадқиқот этилаётган маҳсулотни тегишли намунаси тортиб олинади ва у дистилланган сув ёрдамида воронка орқали зич ёпиладиган қопқоғга эга бўлган ўлчов колбасига ўтказилади. Бунда ишлатиладиган ўлчов колбасини ҳажми тадқиқот этилаётган намунадаги қанд миқдorigа боғлиқ бўлиб, 100-500 мл ни ташкил этади (тадқиқот этилаётган маҳсулот қуруқ моддасини ҳар бир граммига тахминан 50-100 мл ли сифим олинади). Бунда сувни ҳажми олинган колба ҳажмини $\frac{2}{3}$ қисмидан юқори бўлмаслиги керак. Яхши аралаштирилгач, зарур ҳолларда колбадаги суюқлик лакмус бўйича сода билан нейтралланади. Бунинг учун колбага

лакмус қоғози туширилади ва лакмус қоғозини енгилгина кўк ранга бўялган унига 15 %ли $NaHCO_3$ эритмаси билан нейтралланади.

Иссиқ сув билан ишлов беришда тадқиқот этилаётган намунадан нафақат қандлар, балки юқори молекуляр углеводлар ҳам ажралади.

Иссиқ сув билан ишлов беришни афвзаллиги қандларни нисбатан тез эритмага ўтишидир. Аммо, иссиқ сув ёрдамида ишлов беришни таркибида анча миқдорда крахмал мавжуд бўлган материаллар учун қўллаш мумкин эмас, чунки крахмал клейстерга айланиб филтрланишни қийинлаштиради. Бу усулда, суюқлик нейтраллангач, колба сув ҳаммомида 30 мин давомида иситилади.

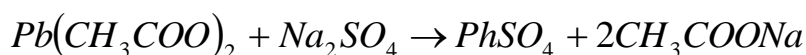
Суюқ озиқ-овқат маҳсулотларини (вино, шарбат, сироп, куюлтирилган сут ва бошқалар) тадқиқот этишда эритмалар тегишли ҳажмдаги ўлчов колбаларида намунани хона ҳароратидаги дистилланган сув билан суюлтириш йўли билан тайёрланади. Сув миқдори ўлчов колбасини $\frac{2}{3}$ ҳажмидан ошмаслиги керак.

Тадқиқот этилаётган материалдан экстракт ва эритмалар тайёрлашда уларни рН ни камайишига олиб келувчи органик кислоталар ва уларни тузлари ҳам ажралади. Кислотали муҳитда дисахарид ва глюкозидлар гидролизга учрайди. Бу ўз ўрнида тадқиқот этилаётган намунада редуцияланган қандларни юқори миқдорини қайд қилинишига олиб келади. Буни олдини олиш мақсадида, экстракт ва эритмалар тайёрлашда муҳит реакциясини доимий кузатиб бориш ва агар зарур бўлса тезда лакмус бўйича сода билан нейтралланиши керак. Олинган экстрактлар ва эритмалар таркибида нафақат қандлар, шунингдек, қандлар каби қайтарувчанлик хусусиятига эга бўлган бўёвчи ва дубил моддалар, оқсиллар ва уларни гидролизланиш маҳсулотлари ва бошқа моддалар мавжуд бўлиб, улар таҳлил натижаларини оширади. Шунинг учун бевосита таҳлилни бошлашдан олдин тадқиқот этилаётган намуна ўлчамидан оқсилли, шунингдек дубил ва бўёвчи моддалар ажратиб олиниши керак. Бунда тадқиқот этилаётган эритма ва экстрактларни тиндирилиши содир бўлади.

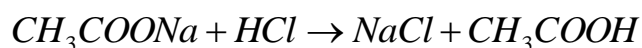
Экстрактларни тиндириш ва А ва В фильтрларни тайёрлаш. Оғир металллар бўёвчи, дубил ва оксилли моддалар билан бирикиб чўкмага тушувчи эримайдиган комплекс бирикмалар ҳосил қилади. Тиндириш учун одатда сирка кислотасини кўрғошинли тузлари ишлатилади.

А фильтратни тайёрлаш.

Тиндириш учун кўп ҳолларда сирка кислотали кўрғошин ёки кўрғошинли сирка эритмалари ишлатилади. Уларни бир-биридан фарқи шундаки, биринчиси нейтрал реакцияга эга бўлса, иккинчиси эса кучсиз ишқорий реакцияга эгадир. У ёки бу эритма ишлатилганда ҳам қанд эритмасини реакцияси реактив солингунча ва ундан кейин нейтрал бўлиб қолиши керак. Кучсиз ишқорий реакцияда (кўрғошинли сирка кўпроқ солинганда) қандларни (фруктозани) кўрғошинли сахаридлар сифатида чўкмага тушиши хавфи мавжуд. Кучсиз кислотали реакцияда эса (сирка кислотали кўрғошин кўпроқ солинганда) дисахаридларни қисман гидролизланиши содир бўлиши мумкин. Ишқорий реакцияни зарарли томони яна шундан иборатки, кўрғошинли сирка қандларни оксидлаши мумкин. Буларни ҳаммаси таҳлил хатоликларига сабаб бўлади. Шунинг учун эритма тиндирилгач, ундан кўрғошинли ортикча қисми ажратиб олиниши керак. Бу мақсадда натрий сульфатни (Na_2SO_4) тўйинган эритмаси ёки натрий гидрофосфатни (Na_2HPO_4) 20 %ли эритмаси ишлатилади. Na_2SO_4 ни ортикча солинишига ҳам йўл қўйилмаслик керак, чунки сирка кислотали кўрғошин ва натрий сульфатни ўзаро таъсирида ҳосил бўлган сирка кислотали натрий Б фильтрат тайёрлашда шакар инверциясига тўсқинлик қилади.



Бу ҳолат, шакарнинг тўлиқ инверсиясини рН га боғлиқлиги билан тушунтирилади. Сирка кислотали натрий шакарни инверсиялашда солинадиган хлор кислотаси билан реакцияга киришиб озод сирка кислотасини ҳосил қилади, у эса кучсиз дистоцилланадиган кислота ҳисобланиб, муҳит рН ни пасайтиради:



Бу ҳолда шакарни тўлиқ инверсияси рўй бермайди ва таҳлил натижалари пасаяди.

Бўлиши мумкин бўлган ноаниқликлар ва хатоликларни олдини олиш мақсадида фильтрат тайёрлашда қуйидаги шартларга риоя қилиши лозим. Юқорида кўрсатилган усулларни бири бўйича олинган нейтрал экстрактга 30 %ли кўрғошинли реактив сузмали чўкма ҳосил бўлиши тўхтагунча томчилатиб қўйилади. Шундан кейин, эритма реакцияси текширилади ва зарур бўлса сода ёки сирка кислотаси билан нейтралланади, колбага уни белгисигача дистилланган сув қўйилади, аралаштирилади ва кўрғошинни оксил, дубил, бўёвчи, пектин ва бошқалар билан ҳосил қилган эримайдиган бирикмаларини ажралиши учун даврий аралаштира туриб тинч қолдирилади. 1-2 соат ўтгач эритма қоғозли фильтр орқали қуруқ колбага фильтрланади. олинган фильтратдаги ортиқча кўрғошинли тузларни ажратиб олиш учун, пипетка ёрдамида олинган 50-100 мл фильтрат ҳажми 100-200 мл ли бошқа ўлчов колбасига ўтказилади ва унга томчилатиб, $PbSO_4$ ёки $Pb_2(PO_4)_2$ ни ок чўкмалари ҳосил бўлиши тўхтамагунча Na_2SO_4 ёки Na_2HPO_4 эритмалари қўйилади. Кўрғошинли тузларни ажралиши яқунлангач, колбадаги суюқлик дистилланган сув билан колба белгисигача етказилади, 20 мин ўтгач эса қуруқ колбага қоғозли фильтр орқали фильтрланади.

Юқорида келтирилган икки колбада ўтказиладиган тиндириш усули кўп меҳнатни талаб қилади ва узоқ вақт давом этади. Қўшимча фильтрлашни ўтказмаслик ва экстрактни тиндирилишини тезлаштириш учун уни бир колбада ҳам амалга ошириш мумкин. Бу ҳолда катта ҳажмли ўлчов колбаси (250 мл ли колба ўрнида 500 мл ли колбани ишлатиш) ишлатилади.

Олинган фильтрат А фильтрат деб шартли номланади. А фильтрат қайтариладиган (редуцияланадиган) ва қайтарилмайдиган (редуцияланмайдиган) кандларга эга бўлиб, унда фақат редуцияланадиган кандлар аниқланади. Умумий кандлар ва шакар миқдорини аниқлаш учун А фильтрат ундаги редуцияланмайдиган кандларни (шакарни)

редуцияланган шаклларга ўтказиш учун инверсия қилиниши керак. Олинган бундай эритма шартли равишда Б филтрат деб номланади.

Б филтратни тайёрлаш.

Б филтрат А филтратдан тайёрланади. Пипетка билан 50 мл А филтрат ҳажми 100 мл бўлган ўлчов колбасига ўтказилади, унга мензуркадан зичлиги 1,19 бўлган хлор кислотаси қўйилади ва аралаштирилгандан кейин колбага 100 °Сга даражаланган термометр туширилади. Шундай тайёрланган колба 70 °Сга иситилган сувли ҳаммомга туширилади. Эритма ҳарорати 67 °Сга етгач, доимий аралаштириш давомида 5 мин сақланади ва сўнгра аралашма тезлик билан водопровод суви билан 20 °Сга совутилади. Инверсия ўтказилган эритмани ўта иситиб юбориш керак эмас, чунки юқори ҳароратда кислотали муҳитда фруктоза парчаланиши мумкин. Совутилгандан кейин колбалардаги суюқлик 10 %ли ёки 0,5 %ли натрий гидрооксид эритмаси билан лакмус бўйича титрланади. Нейтраллашдан кейин, эритмага дистилланган сув қўйиб уни ҳажми ўлчов колбасини белгисигача етказилади.

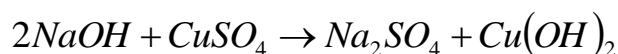
Олинган Б филтрати фақат редуцияланган қандларга эга бўлиб, А филтратда мавжуд бўлган редуцияланган қандлар ва шакарни гидролизланишида ҳосил бўлган редуцияланган қандлардан иборат.

Олинган филтратлардаги шакар миқдори қуйида келтирилган усуллардан бири бўйича аниқланади. Озиқ-овқат маҳсулотларидаги қандлар миқдори 100 мл маҳсулотдаги граммларда (ликер-ароқли маҳсулотлар, вино, коньяк) ёки фоизларда ифодаланади.

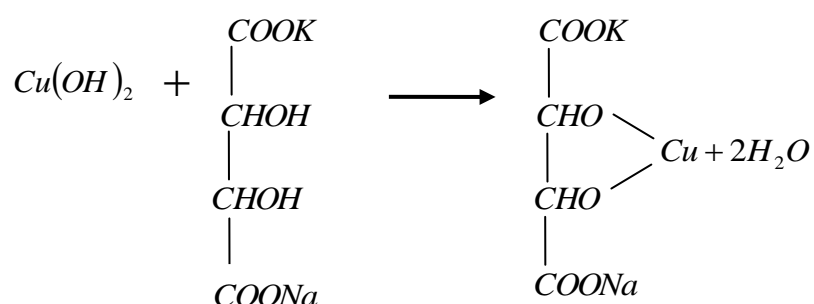
3.5.3. Мис оксиди тузлари ишқорий эритмаларини қайтарилишига асосланган усуллар

Ушбу гуруҳ усулларида оксидловчи сифатида мис купороси ва сегнет тузини ишқорий эритмасини ўзаро таъсирида олинган фелинг суюқлиги ишлатилади.

Ушбу икки эиртмаларни ўзаро аралаштирилиши пайтида ўювчи ишқор билан таъсири сабабли мис гидрооксидини кўк рангли чўкмаси ҳосил бўлади.



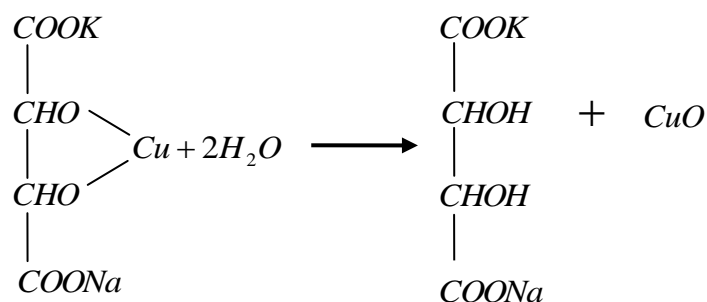
Аммо, $Cu(OH)_2$ чўкмаси уни сегнет тузи билан комплекс бирикма ҳосил қилиши сабабли тезда йўқолади ва суюқлик қуюқ қорамтир – кўк рангга бўялади. Бу реакция қуйидагича кечади:



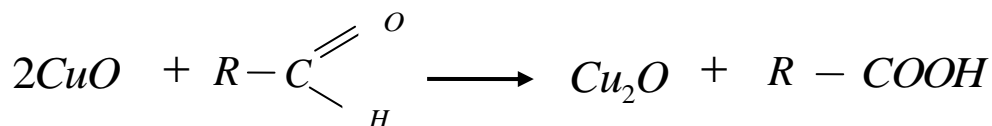
Реакциялардан кўриниб турибдики, сегнет тузини вазифаси мис гидрооксидини эрувчан ҳолатга ўтказишга қаратилган экан.

Фелинг суюқлигини альдоза ёки кетонларга таъсир этишида моносахаридлар мис (II) оксидини кислороди ҳисобида тегишли кислоталарга оксидланади. Бунда қайтарилган мис (I) оксиди Cu_2O кўринишида (ғишт-қизил рангли чўкма) чўкмага тушади.

Бу реакциялар қуйидаги схемалар бўйича кечади:



Мис(I) оксиди (Cu_2O) CuO ни қайтарилиши ва қандларни оксидланиши давомида аста-секин ажралади:



Шундай қилиб, чўкмага тушган мис миқдори оксидланадиган қандларни миқдорига пропорционал экан.

Мис (I) оксидини қизил чўкмаси устидаги эритмани кўк ранги фелинг суяқлигини ортиқчалигини, демак, тажрибани бундай шароитларида қандларни тўлиқ оксидланишидан далолат беради.

Агар, қандларни аниқлашда фелинг суяқлигидан шундай миқдорда мис (I) оксиди чўкмаси тушиб, у устидаги суяқликни кўк ранги йўқолса, бу қандларни оксидлашда мисни комплекс бирикмаси тўлиқ фойдаланганлигини кўрсатади. Бу ҳолда эритмада реактив билан реакцияга киришмаган редуцияланган қандлар сақланиб қолган бўлши мумкин. Бундай ҳолат тадқиқот тилаётган филтратдаги редуцияланган қандлар миқдори 0,5 %дан юқори бўлганда кузатилади.

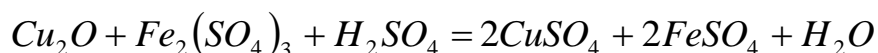
Фелинг суяқлигидан фойдаланилганда, эритма ишқорийлиги таъсири остида тадқиқот этилаётган қандларни қисман парчаланиши мумкинлигини эътиборга олиш керак. Бундан ташқари, фелинг суяқлигини ўзи ҳам иситилганда унчалик кўп миқдорда бўлмаган мис (I) оксиди миқдори оксидланган қандлар миқдорига тўлиқ эквивалент эмас ва аниқлашда тажриба йўли билан тузилган жадваллардан фойдаланишга тўғри келади. Бу жадваллардаги маълумотлар фақат маълум тажриба шароитлари учун фойдаланиши мумкин.

Фелинг суяқлигини, уни чидамсизлиги сабабли, узоқ вақт давомида сақлаш мумкин эмас. Бу суяқлик таҳлил олдидан тенг ҳажмдаги №1 ва №2 эритмаларни аралаштириш йўли билан тайёрланади.

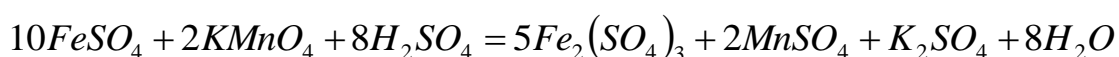
Қайтарилган мис (I) оксиди миқдорини аниқлашда ҳажмий усулларга асосланган Бертран, Макс-Мюллер, Шоорло ва бошқа усуллар ишлатилади.

Бертран усули. Бу усул озиқ-овқат маҳсулотларидаги редуцияланган қандлар, шакар ва умумий қандлар миқдорини аниқлашни арбитраж усули ҳисобланади.

Мис (I) оксидини ҳажмий аниқлаш усули уни сульфат кислотаси ёрдамида кучли кислотали муҳит яратилган темир (III) сульфат эритмасида эритилганда эквивалент миқдордаги темир (II) сульфат ҳосил қилишга асосланган.



Мис (I) сульфат ($CuSO_4$) миқдорига эквивалент бўлган темир (II) сульфат миқдори перманганат билан титрлаш йўли билан аниқланади.



Титрлашда сарфланган перманганат миқдорига кўра мис (I) оксидини миқдори ҳисобланади. Сўнгра маҳсул жадвалларга кўра аниқланган мис миқдорига мос келувчи қандлар миқдори топилади. Бунга кўра тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги қандлар миқдори фоизини осон ҳисоблаш мумкин.

Асбоб ва жиҳозлар. Ҳажми 100, 200 ва 500 мл бўлган ўлчов колбалари; 10-25 мл ли ўлчов цилиндрлари; техникавий ва аналитик тарозилар; 150 мл ли конусли колбалар; титрлаш қурилмаси; сувли ҳаммом; шишали воронка; чини идишчалар ёки соат ойналари; 20 мл ли пипетка; 3 мин ли қум соатлар; фильтр қоғози.

Реактивлар. Фелинг №1 эритмаси (40 г қайта кристаллизацияланган $CuSO_4$ ҳажми 1000 мл бўлган ўлчов колбасида дистилланган сувда эритилади, эритма сув билан колба белгисигача етказилади); фелинг №2 эритмаси (ҳажми 1000 мл бўлган ўлчов колбасида дастлаб 200 г сегнет тузи эритилади, сўнгра 150 г ўювчи натрий солини ва у ҳам эритилгач, эритма дистилланган сув билан колба белгисигача етказилади); фелинг №3 эритмаси (50 г темир (III) сульфат тузи ўлчов колбасида унчалик катта бўлмаган миқдордаги дистилланган сувда эритилади, сўнгра ўлчов цилиндридан, колба деворлари бўйлаб, эҳтиёткорлик билан 108 мл (200 г) зичлиги 1,84 бўлган

сульфат кислотаси қўйилади ва аралаштирилгандан кейин дистилланган сув билан колба белгисигача етказилади, $Fe_2(SO_4)_3$ ўрнига 86 г темираммонийли квасцлар ишлатилиши мумкин), калий перманганат эритмаси (5 г $KMnO_4$ 1000 мл дистилланган сувда эритилади).

Калий перманганати титрини белгилаш учун чини идишчаларда 0,40 г шавел кислотали аммоний тортиб олинади, унга 100 мл дистилланган сув ва 2 мл зичлиги 1,84 бўлган сульфат кислотаси солинади. Идишга сувли ҳаммомга жойлаштирилиб, аралаштириш давомида 60-80 °С ҳароратгача иситилади. Иситилган эритма калий перманганатни ишчи эритмаси билан қизғиш бўйлиш ҳосил бўлгунича титрланади.

Калий перманганатни мис бўйича титри қўйидаги формулага кўра ҳисобланади:

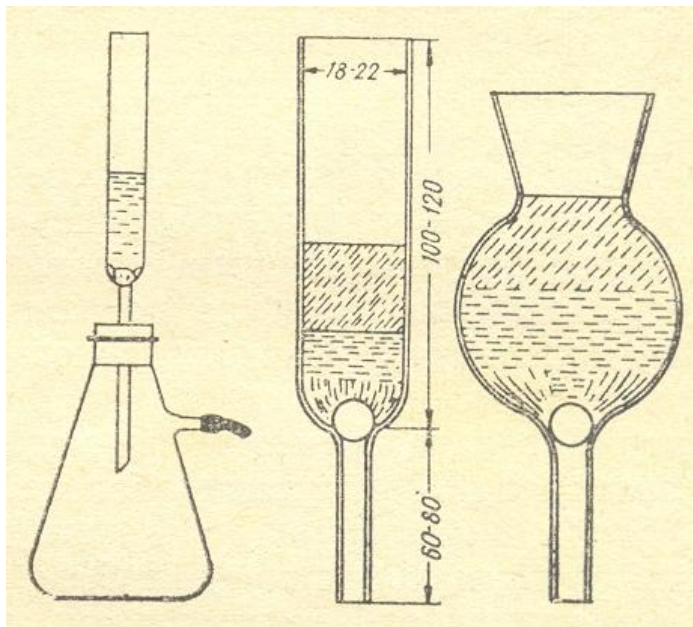
$$T = \frac{g \cdot 0,8954}{V},$$

бу ерда g - шавел кислотали аммоний миқдори, г;

V - калий перманганат эритмаси миқдори, мл;

0,8951 - шавел кислотали аммонийни мисга қайта ҳисоблаш
коэффициенти.

Редуцияланган қандларни аниқлаш. Редуцияланган қандлар А филтратда аниқланади. Конусли колбага пипетка билан 20 мл А филтрати, 20 мл №1 реактив ва 20 мл №2 реактив солинади. Ҳосил бўлган аралашма асбест тўр орқали иситиш асбобига жойлаштирилади, суюқлик юзасида биринчи пуфакчалар пайдо бўлгунча иситилади ва шу ондан бошлаб уч минут қайнатилади. Қайнатиш охирида колбадаги суюқлик кўк рангда қолиши керак ва унчалик кўп бўлмаган миқдорда мис (I) оксидини ғиштли – қизил чўкмаси ҳосил бўлади. Агар қайнатишда суюқлик кўк рангини йўқотса, бу тадқиқот этилаётган эритмада 100 мг дан кўпроқ қанд борлиги сабабли барча мис (II) оксиди мис (I) оксидига ўтганлигини англатади. Бу ҳолда аниқлаш кам миқдордаги А филтрат билан яна қайтарилади (филтрат олдиндан дистилланган сув билан 1:1 нисбатда суюлтирилади).



Расм 3. 12. Турли асбест филтрлари

Қайнатиш якунлангач, қизил чўкмани чўкишига имкон берилади ва кўк суюқлик асбест филтр орқали декантация қилинади (расм 3.12). Филтрлашда мис (I) оксиди чўкмасини филтрга ўтказмасликка ҳаракат қилинади. агар чўкма заррачалари эритма юзасида қисман сузиб юрган бўлса, унга 95-96 %ли этил

спиртини бир неча томчиси томзилади ва заррачалар идиш тубига чўкади.

Филтрлашда оксидланишни олдини олиш мақсадида мис (I) оксиди ҳамма вақт суюқлик билан қопланган бўлиши керак. Бнинг учун чўкмали колба филтрлаш давомида оғдирилган ҳолатда сақланади. Мис чўкмасидан ҳамма суюқлик филтрга ўтказилгач, чўкма устига 10 мл олдиндан қайнатилган (кислороддан озод қилинган) иссиқ дистилланган сув қуйилади, чўкмани идиш тубига чўкишига имкон берилади ва сув ўша филтр орқали ўтказилади. Мис чўкмаси ва филтрни шундай тартибда ювиш 2-3 марта қайтарилади. Чўкмани сув билан ювиш якунлангач, филтрли колба бошқа тоза колба билан алмаштирилади ёки филтрат тўкилиб колба дистилланган сув билан 2-3 марта чайилади.

Колбадаги мис (I) оксиди чўкмасига яхши аралаштириш давомида 3-5 мл №3 реактиви қуйилади ва мис чўкмасини эритилиши амалга оширилади. Бунда чўкма ранги тезлик билан ёрқин қизил рангдан қорамтир-кўк ранггача ўзгаради ва кейин кўк-яшил рангли тиниқ эритма ҳосил бўлади. Агар 3-5 мл №3 реактиви мис (I) оксидини тўлиқ эриши учун етарли бўлмаса, эритиш яна 2-3 марта қайтарилади. Мис (I) оксиди чўкмаси тўлиқ эригач, эритма унчалик катта бўлмаган қисмлар билан филтрга тушиб қолган мис (I) оксиди

заррачаларини эритиш мақсадида шишали тайёқча билан аралаштириш давомида ўша филтрдан ўтказилади. Конусли колба ва филтър бир неча марта унчалик катта бўлмаган дистилланган сув қисмлари билан ювилади ва олинган филтрат перманганат калий эритмаси билан 1 мин давомида йўқолмайдиган кучсиз қизил бўялиш ҳосил қилингунича титрланади.

Ҳисоблаш. Тадқиқот этилаётган намунадаги қандлар миқдорини ҳисоблаш учун қуйидагилар миқдорини аниқлаш зарур:

- тадқиқот этилаётган 20 мл А филтратда мавжуд бўлган редуцияланган қандлар томонидан қайтариладиган мис миқдори;
- қайтарилган мис миқдорига мос келувчи қандлар миқдори;
- 20 мл А филтратга мос келувчи маҳсулот намуна ўлчамиси.

Редуцияланган қандлар томонидан қайтарилган мис миқдорини аниқлаш учун 20 мл А филтратини титрлашга сарфланган калий перманганат миқдорини калий перманганатни мис бўйича титрига кўпайтириш зарур. Агар титрлашга мис бўйича титри 10,02 мл бўлган 10,2 мл калий перманганат эритмаси сарфланган бўлса, унда 20 мл А филтратдаги қандлар томонидан $10,2 \cdot 10,02 = 102,204$ мг мис қайтарилади. Қайтарилган мис миқдорига мос келувчи қандлар миқдори 3.5-жадвал бўйича аниқланади.

3.5-жадвал

Қайтарилган мис миқдорига мос келувчи қандлар миқдори

Су, мг	Инверт шакари, мг	Су, мг	Инверт шакари, мг	Су, мг	Инверт шакари, мг	Су, мг	Инверт шакари, мг
1	2	3	4	5	6	7	8
20,6	10	64,8	33	105,7	56	143,7	79
22,6	11	66,7	34	107,4	57	145,3	80
24,6	12	68,5	35	109,5	58	146,9	81
26,5	13	70,3	36	110,9	59	148,5	82
28,5	14	72,0	37	112,6	60	150,0	83
30,5	15	74,0	38	114,3	61	151,6	84

1	2	3	4	5	6	7	8
32,5	16	75,9	39	115,2	62	153,2	85
34,5	17	77,7	40	117,6	63	154,8	86
36,4	18	79,5	41	119,2	64	156,4	87
38,4	19	81,2	42	120,9	65	157,9	88
40,4	20	83,0	43	122,6	66	159,5	89
42,3	21	84,8	44	124,2	67	161,1	90
44,2	22	86,5	45	125,9	68	162,6	91
46,1	23	88,3	46	127,5	69	164,2	92
48,0	24	90,1	47	129,2	70	165,7	93
49,8	25	91,9	48	130,8	71	167,3	94
51,7	26	93,5	49	132,4	72	168,8	95
53,6	27	95,4	50	134,0	73	170,3	96
55,5	28	97,1	51	135,6	74	171,9	97
57,4	29	98,9	52	137,2	75	173,4	98
59,3	30	100,6	53	138,9	76	175,0	99
61,1	31	102,3	54	140,5	77	176,5	100
63,0	32	104,0	55	142,1	78		

Амалиётда, тадқиқот этилаётган эритма томонидан қайтарилган мис миқдорини жадвалда келтирилган қийматларга аниқ мос келиши ҳолатлари жуда кам. Масалан, ҳисобланган 102,2 мг мис миқдори жадвалда йўқ. Бундай ҳолларда айирмали интерполция усулидан фойдаланилади. Бу усулда, миллиграмм улушлари чегараларида мис ва қандлар миқдорлари ўртасида чизиқли пропорционаллик мавжуд деб фараз қилинади.

Жадвалдан ҳисобланган мис миқдorigа энг яқин катта ва кичик қийматлар топилади. Бу 100,6 ва 102,3 мг мис миқдори бўлиб, улар тегишлича 53 ва 54 мг редуцияланган қандларга мос келади. Бунга кўра, 1,7 мг мис ($102,3 - 100,6 = 1,7$) 1 мг редуцияланган қандларга ($54 - 53 = 1$) мос келса,

унда 1,6 мг мис ($102,2 - 100,6 = 1,6$) $\frac{1,6}{1,7} = 0,94$ мг қандга мос келади. Демак, 102,2 мг мис $53 + 0,94 = 53,94$ мг редуцияланган қандларга мос келади.

20 мл тадқиқот этилаётган фильтратга мос келувчи маҳсулот намуна ўлчамини аниқлаш учун таҳлил учун олинган маҳсулот намуна ўлчамиси ва амалга оширилган суюлтиришларни ҳисобга олиш керак бўлади. Масалан, таҳлил учун 10 г маҳсулот олиниб, тиндириш ҳажми 500 мл бўлган ўлчов колбасида амалга оширилган ва қўрғошинли тузлар ортиқчасини ажратиш учун 100 мл фильтрат 200 мл ли ўлчов колбасига ўтказилиб, қандларни аниқлаш учун эса ундан 20 мл фильтрат олинган. Бу ҳолда 20 мл фильтратга мос келувчи маҳсулот намуна ўлчами

$$\frac{10 \cdot 100 \cdot 20}{500 \cdot 200} = 0,2\% \text{ (200 мг),}$$

ташкил этади.

Тадқиқот этилаётган намунадаги қандлар миқдори қуйидаги пропорциядан аниқланиши мумкин:

$$\begin{array}{r} 200 - 53,94 \\ 100 - X \\ X = \frac{100 \cdot 53,94}{200} = 26,97\% \end{array}$$

Демак, тадқиқот этилаётган намунада 26,97 % редуцияланган қандлар мавжуд экан.

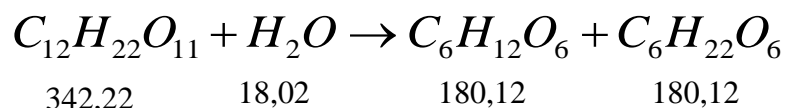
Шакарни аниқлаш. Шакар Б фильтратда аниқланади ва ундаги умумий редуцияланган қандлар миқдори А фильтратдаги каби аниқланади.

Ҳисоблаш. Шакар миқдори S ни аниқлаш учун Б фильтратда аниқланган умумий редуцияланган қандлар миқдоридан (X_1) А фильтратда аниқланган редуцияланган қандлар миқдорини (X_2) айириш ва айримани 0,95 га кўпайтириш керак:

$$S = (X_1 - X_2) \cdot 0,95$$

бу ерда 0,95 - инверт қандни шакарга айлантириш коэффициентини.

Коэффициент 0,95 шакарни қуйдиаги инверсияланиш тенгламаси бўйича ҳисобланган:



Демак, 342,22 г шакарни гидролизланишида 360,24 г инверт қанди олинади. Бундан 0,95 г шакар ($\frac{342,22}{360,24} = 0,95$) инверсияланганда 1 г инверт қанди ажралиши маълум бўлади. Массани ошиши шакарни инверсияланишида унга сув молекуласини бирикиши ҳисобида содир бўлади.

Масалан, Б филтратда 78 % А филтратда 70,9 % редуцияланган қандлар борлиги аниқланган бўлса, шакар миқдори қуйидагини ташкил қилади:

$$(78 - 70,90) \cdot 0,95 = 6,75\%$$

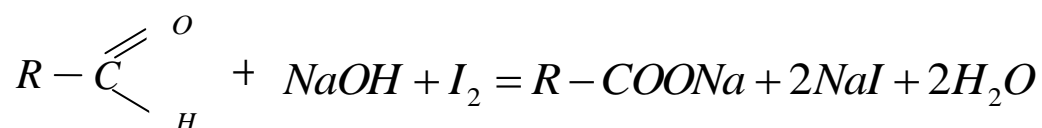
Тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги умумий қандлар миқдори (X) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = X_2 + S$$

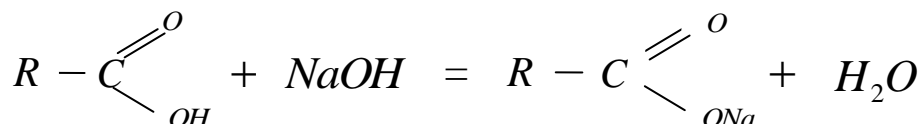
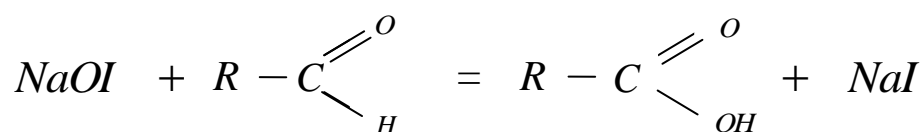
келтирилган мисол учун $X = 70,9 + 6,75 = 77,65\%$.

3.5.4. Глюкозани фруктоза ва шакар иштирокида йодометрик аниқлаш усули

Ушбу усул қандларни (глюкоза) альдегид гуруҳини ишқорий муҳитда йод билан оксидланишига асосланган. Йод бунда оксидловчи ҳисобланади. Оксидланиш қуйидаги тенглама бўйича кечади:



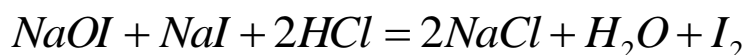
ёки фазалар бўйича



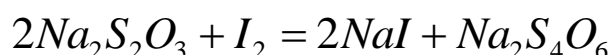
Дастлаб йод ишқорий муҳитда $NaOI$ ҳосил қилади, у эса атомар кислород ажратиб парчланади. Ажралиб чиққан атомар кислород қандни альдегид гуруҳини оксидлаб уни глюкоз ёки лактобион кислотасига айлантиради, у ишқорни сероблиги шароитида тегишли натрийли тузга айланади.

Бундай шароитларда глюкоза миқдорий оксидланади, кетоқандлар эса оксидланмайди. Шунинг учун тадқиқот этилаётган эритмада фруктоза бўлса ҳам у таҳлил ўтказишга ҳалақит бермайди. Аниқлашга шакар ҳалақит бермайди, чунки у ҳам ишқорий муҳитда йод томонидан оксидланмайди.

Қандларни тўлиқ оксидлаш мақсадида ишқор ва йод ортикча солинади. Эритмада қандларни оксидланишидан ортиб қолган $NaOI$ хлор кислотаси кўшилганда эквивалент миқдордаги йодид натрий билан реакцияга киришиб йод метали ҳосил қилади.



Ажралиб чиққан эркин йод гипосульфит билан титрланади



Сарфланган йод миқдорига кўра глюкоза миқдорини ҳисоблаш мумкин. Бу метод нафақат глюкозани, шунингдек эркин альдегид гуруҳига

эга бўлган лактоза, мальтоза, галактоза, пентоза каби қандларни аниқлашда ҳам ишлатилиши мумкин.

Тадқиқот аниқлигига реакцион аралашмадаги глюкоза (альдоқандлар), йод ва ишқорни ўзаро нисбатлари таъсир қилади. Йод миқдори юқоридаги тенгламда талаб қилинган миқдордан 2-3 марта кўпроқ солиниши керак. Бунинг учун тадқиқот этилаётган эритмадаги альдоқандларни тахминий миқдорини билиш керак. 0,1 н йод эритмасини титри, 0,012692 га тенг, демак, 1 мл бундай эритмада 12,7 мг йод мавжуддир. Шундай қилиб, 3-4 мг альдоқандларга (глюкозага) 1 мл 0,1 н йод эритмасини солиш кифоя. Агар тадқиқот этилаётган филтратда 50 мг глюкоза мавжуд бўлса, таҳлил учун 12-15 мл 0,1 н йод эритмаси олинади. 0,1 н ишқор эритмасини ҳажм бўйича йод эритмасига нисбатан 1,5 мартаба кўпроқ олиниши тавсия этилади.

Асбоб ва жиҳозлар. 25 мл ли пипеткалар; титрлаш қурилмаси; зич ёпилган пробиркага эга бўлган ҳажми 250 мл ли конусли колба.

Реактивлар. Йодид калийдаги 0,1 н йод эритмаси (20-25 г йодид калий стаканда оз миқдордаги сувда эритилади, унга 0,01 г аниқликда ўлчанган 12,7 г йод солинади. Йод тўлиқ эригач суюқлик ҳажми 1000 мл ли ўлчов колбасига миқдорий ўтказилади ва колба белгисигача дистилланган сув қуйилади); 0,1 н гипосульфит эритмаси; 0,1 н *NaOH* эритмаси; 1 %ли сульфат кислота эритмаси; 1 %ли крахмал эритмаси.

Ишни ўтказиш тартиби. Шунинг таъкидлаш лозимки, реакциялар хона ҳароратида кечади ва аниқлаш жараёнига ёруғлик ва ҳаво кислороди каби омиллар таъсир қилади. Шунинг учун аниқлаш оғзи зич ёпиладиган идишларда ва қандларни ёруғлик таъсирида оксидланишидан асраш учун қоронғуликда амалга оширилади. Бегона омилларни аниқлашнинг кечишига таъсирини ҳисобга олиш учун тадқиқот этилаётган эритма билан бир вақтда назорат аниқлаши ҳам ўтказилади.

Қандларни аниқлаш, қандларни бошқа усуллар билан тадқиқот этишда тайёрланган филтратларда ўтказилади.

25 мл тадқиқот этилаётган фильтрат пипетка билан пробкаси зич ёпиладиган конус колбага ўтказилади. Назорат тажрибасини ўтказиш учун бир вақтни ўзида бошқа колбага шунча миқдордаги дистилланган сув солинади. Кейинчалик тадқиқот этилаётган фильтрат колбасига қандай реактивлар солинадиган бўлса, назорат тажрибаси колбасига ҳам айнан шу реактивлар солинади. Сўнгра колбаларга пипеткалар билан 25 мл 0,1 н йод эритмаси, бюреткадан 37,5 мл 0,1 н $NaOH$ эритмаси солинади. Колбалар пробкалар билан ёпилади ва қоронғу жойда 15-20 мин тинч қолдирилади. 20 мин ўтгач, колбаларга 8 мл 1 %ли сульфат кислотаси эритмаси солинади ва ажралиб чиққан йод 0,1 н гипосульфит эритмаси билан титрланади. Титрлаш сариқ бўялиш ҳосил бўлгунича давом эттирилади, сўнгра колбага 1 мл крахмал эритмаси солинади ва титрлаш кўк ранг йўқолмагунча яна давом эттирилади. Агар аниқлаш учун Б фильтрат олинса, унда хлор кислотасини метилоранж иштирокида нейтраллаш ўтказилганлиги туфайли титрлаш кўк рангни бирданига очиқ-қизғишга ўтишида яқунланади.

Ҳисоблаш. Энг аввало тадқиқот этилаётган фильтратдаги альдогуруҳларни оксидлашга кетган 0,1 н гипосульфит эритмаси ва демак, йод миқдори аниқланиши керак. Бунинг учун, назорат эритмасидаги йодни титрлашга кетган гипосульфит миқдоридан ишчи тажрибадаги йодни титрлашга кетган гипосульфит миқдорини айириш, айирмани эса 0,1 н гипосульфит нормаллиги коэффициентига кўпайтириш керак. Олинган бу қиймат альдоқандларни (глюкозани) оксидлашга сарфланган 0,1 н йодга аниқ мос келади. Юқоридаги тенгламаларга кўра 1 мл 0,1 н йод эритмаси 9,005 мг глюкозани оксидлайди. Бундан таҳлил учун олинган фильтрат ҳажмидаги глюкоза миқдорини осон ҳисоблаш мумкин. Таҳлил учун олинган фильтрат ҳажмига мос келувчи маҳсулот намуна ўлчамисини аниқлай туриб ва тегишли пропорция тузиб, тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги глюкоза миқдорини аниқлаш мумкин.

3.6. Клетчатка аниқлаш

Клетчатка ўзини ўсимликларда тарқалиши бўйича барча органик моддалар ўртасида биринчи ўринни эгаллайди. У юқори молекуляр полисахарид ҳисобланиб, тўла гидролизганда β – D - глюкоза молекулалари, чала гидролизланганда эса β - глюкозид целлобиоза ҳосил бўлади. Клетчатка (1-4) β глюкозид боғлари орқали бириккан глюкоза бирликларининг тўғри занжиридан иборат. Клетчатка 1400 дан 10000 гача глюкоза қолдиқларига эга. Клетчатка молекулалари ипсимон характерга эга бўлиб, мицелла деб номланадиган тутамларга бирлашган. Ҳар бир мицелла водород боғлари билан боғланган 60 та клетчатка молекулаларидан иборат. Водород боғлари клетчаткани гидрооксил гуруҳларидаги водород атомлари ҳамда клетчатка томонидан адсорбция қилинган сув молекулалари ҳисобида амлга оширилади. Клетчатка сувда эримайди, аммо бўқади. Концентрланган сульфат кислотаси билан қайнатилганда тўлиқ глюкозага айланади. Кучсиз гидролизланишда эса целлобиоза дисахаридига парчланади.

Целлюлоза, шунингдек целлобиозагача ўсаётган донларда, баъзи бактериялар ва моғорли замбуруғларда мавжуд бўладиган целлюлаза ферменти билан гидролизланиши мумкин. Фаол целлюлаза кавш қайтарувчи ҳайвонлар ошқозонидаги бактерияларда ҳам мавжуд бўлиб, бу ҳайвонлар учун клетчаткани ҳазм қилиш имкониятини яратади. Клетчатка одамлар ошқозон ичак йўлидап ҳеч қандай фермент таъсирида парчаланмаганлиги сабабли ҳазм бўлмай ўтади. У фақат йўғон ичакдаги бактериялар таъсирида қисман парчланади.

Клетчатка (целлюлоза) мустаҳкам бирикма ҳисобланиб, унга ҳатто концентрланган кислота ва ишқорлар ҳам қийин таъсир этади. Уни аниқлашни барча усуллари клетчаткани айнан шу хусусиятига асосланган.

Клетчатка фақат ўсимлик асосидаги озиқ-овқат маҳсулотларида учрайди. Клетчатка миқдорини аниқлаш қандолат маҳсулотларини (шоколад,

какао ва бошқалар), шунингдек ун ва ун маҳсулотлари, мева-сабзавотли консервлар сифатини баҳолашда ишлатилиши мумкин.

Озиқ-қовқат маҳсулотларида клетчатка доимий равишда у билан турлича боғланган йўлдош моддалар қуршовида бўлади. Бу ҳолат клетчаткани тоза ҳолда аниқлашни қийинлаштиради. Клетчаткани аниқлаш учун кўпгина усуллар таклиф этилган. Буларни ҳаммаси йўлдош моддалар ажратиб олингандан кейин клетчаткани вазнли таҳлил этишга асосланган. Бу моддаларни ажратиш тадқиқот этилаётган маҳсулотларни гидролизловчи моддалар билан ишлов беришга ёки оксидлашга асосланган. Бу усулларни камчилиги шундан иборатки, тадқиқот этилаётган маҳсулотга бундай ишлов беришда клетчатка билан яқин боғланган гемицеллюлоза ва лигнин қийин ажратилади. Бундан ташқари, клетчаткани ўзини ҳам қисман гидролизланиши рўй беради. Шунинг учун бу усулларда аниқланадиган клетчака тоза ҳолдаги модда сифатида бўлмайди ва у “нам” ва “нотоза” деб номланиши мумкин.

Қуйида клетчаткани шоколад ва какаода аниқлаш учун тавсия этилган нам клетчаткани Кюршнер ва Ганак бўйича аниқлаш усули келтирилган.

3.6.1. “Нам” клетчаткани Кюршнер ва Ганак бўйича аниқлаш

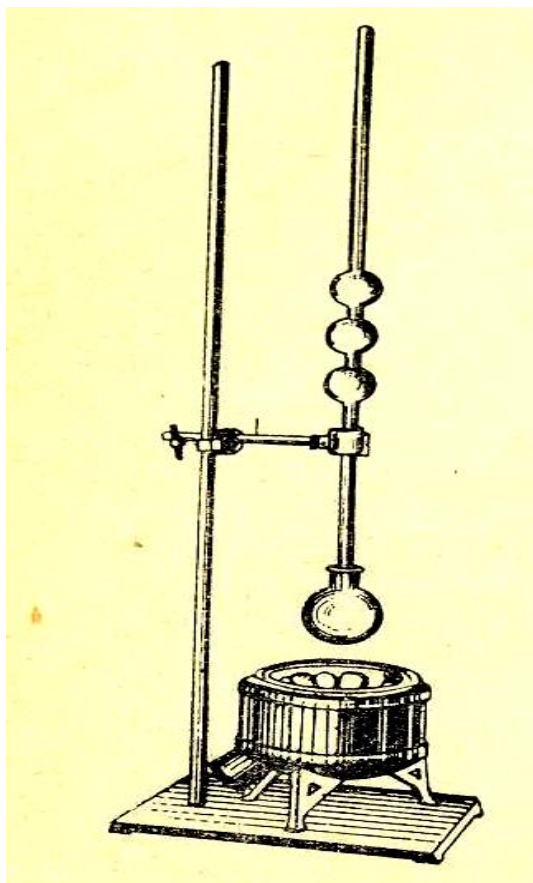
Бу усул таҳлил этилаётган маҳсулотни оксидловчи ва гидролизловчи воситалар билан ишлов беришга асосланган. Оксидловчи ва гидролизловчи воситалар сифатида Кюршнер сирка, азот ва учхлорсирка кислоталаридан фойдаланишни таклиф этди. Ушбу аралашма билан ишлов берилган клетчатка оқ рангда бўлиб, бу уни лигниндан тўлиқ озод этилганлиги белгиси ҳисобланади. Аммо, бу усулда пентозанлар тўлиқ ажратилмайди.

Асбоб ва жиҳозлар. Диаметри 40 мм. ва ҳажми 40-50 мл. бўлган шарсимон тубли колба (у тескари шарикли холодильникни улаш учун шлифовка қилинган бўғзига эга бўлиши керак); узунлиги 200 мм. бўлган ва

колбага прошифовка қилинган тескари шарикли холодильник; 50 ва 200 мл. га мўлжалланган ўлчов цилиндрлари; шишали фильтр №2.

Реактивлар: 10 ҳажм 80 %ли сирка кислотаси ва 1 ҳажм зичлиги 1,4 бўлган азот кислотасидан иборат кислота аралашмаси; этил-спирти; этил эфири.

Ишни бажариш тартиби. Аналитик тарозида 0,0002 г. аниқлик билан 0,3-0,5 г. тадқиқот этилаётган маҳсулот тортилади ва асбоб колбасига



Расм 3.13 Крюшнер аппарати.

ўтказилади. Унга 16,5 мл. кислота аралашмасидан қуйилади ва колбадаги суюқлик эҳтиёткорлик билан аралаштирилади. Колба тескари холодильник билан уланади (расм 3.13) ва тадқиқот этилаётган маҳсулот қаттиқ заррачаларини ички деворларида қуйиб қолишини олдини олиш мақсадида колбадаги суюқликни даврий аралаштира туриб, 30 мин. давомида қайнатилади. Қайнатилиш якунлангач, колбадан холодильник ажратилади ва ундаги суюқлик олдиндан 100-105 °С да ўзгармас массагача қуритилган шишали фильтр №2 орқали филтрланади. Филтрдаги чўкма

бирин кетин кислотали аралашма, иссиқ сув, спирт, эфир билан (ёғ қолдиқларини ажратиш учун), сўнгра яна иссиқ кислотали аралашма ва иссиқ сув билан сирка кислотасини ҳиди йўқолгунича ювилади. Чўкма яна бир марта спирт, кейин эфир билан ювилади ва чўкмали фильтр 100-105 °С ҳароратда ўзгармас массагача қуритилади.

Ҳисоблаш. Клетчатка миқдори X фоизларда қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{(g_1 - g_2) \cdot 100}{g},$$

бу ерда: g_1 - филтърни чўкма билан биргаликдаги массаси, г;
 g_2 - филтърни чўкмасиз массаси, г;
 g - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчами, г.

3.7. Азотли моддаларни аниқлаш

Оқсиллик моддалар уларни организмни озикланиши ва ҳаётидаги катта аҳамияти сабабли, озик-овқат маҳсулотларини муҳим азотли компонентларидан ҳисобланади.

Озик-овқат маҳсулотлари билан келиб тушаётган оқсиллар организм томонидан турли эҳтиёжлар учун, аввало барча ҳужайра ва тўқималардаги оқсилларни янгилаш манбаи сифатида хизмат қилади.

Инсон организмда 100 мингга яқин оқсил турлари мавжуд бўлиб, улар турли функцияларни бажаришади. Маълум турдаги оқсиллар моддалар ўзгариши, парчаланиши ва синтезини сабабчиси бўлиб, алмашинув реакцияларини бошқарса, бошқалари эса кимёвий энергияни механикавий энергияга айлантиришади.

Оқсилларни маълум қисми организм томонидан тирик ҳужайрани таркибий қисмларини куриш учун сарфланади. Анти-тана-оқсиллари организмни ҳимоя функцияларини бажаришади. Махсус (специфик) оқсиллар катта аҳамиятга эга бўлиб, масалан, қон гемоглобини организм тўқималарини ҳаётгий муҳим моддалар билан таъминлайди.

Озик-овқат маҳсулотларида оқсил миқдори одатда азот миқдори бўйича Кьелдал усули билан аниқланади. Кьелдал усули мураккаб бўлиб, таҳлил жараёни узоқ вақт давом этади. Шунинг билан бирга аниқ натижалар олиш тадқиқотчидан юқори малака талаб қилади. Пайдо бўлиши вақтидан бошлаб ушбу усул соддалаштириш ва таҳлил муддатини камайтириш мақсадида бир неча марта ўзгартирилди. Натижада ҳозирги вақтда усулни

кўпгина модификациялари мавжуд. Буларда минераллаштириш шароити ўзгартирилди, аммиакни тутиб олиш учун турли кислоталар, шунингдек, турли катализаторлар фойдаланилади.

Спектрофотометрияни ривожланиши билан оксилни бевосита миқдорий аниқлашда рангли реакциялар, хусусан аммоний ионларини баъзи реактивлар (нингидрин, Неслер реактиви) билан бўйлиш реакциялари ишлатила бошланди.

Кьелдал усулида (уни турли модификацияларида ҳам) умумий, жумладан нооксил азот аниқланади. Оксил миқдори эса олинган натижани маҳсулот оксилларидаги ўртача азот миқдorigа боғлиқ бўлган айлантириш коэффициентига кўпайтириш билан аниқланади. Бундай қайта ҳисоблашда, олинган натижаларни шартлилиги очик кўриниб турибди.

Шу сабабли охириги йилларда тадқиқот этилаётган маҳсулотлардаги оксилни миқдорий аниқлаш учун қатор физико-кимёвий усуллар таклиф қилинган. Бу усуллар оксилларни баъзи ўзига хос хусусиятларига асосланган:

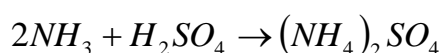
- маълум шароитларда оксил концентрациясига боғлиқ бўлган турли даражадаги хираланишларни ҳосил бўлиши (нефелометрик усул);
- оксилларни турли бўёқларни адсорбция қилиш хусусияти (Юди усули);
- оксил пептид боғларини мис ионлари билан ишқорий муҳитда бўйланган комплекс бирикмалар ҳосил қилиш хусусияти (биурет усули);
- оксил пептид занжири таркибига кирувчи турли аминокислоталар фаол гуруҳларини ўзига хос реакциялар бериши хусусияти (Лоури усули).

Юқорида санаб ўтилган усуллар тезлаштирилган усуллар ҳисобланиб, кўп вақт талаб қилмаган ҳолда етарлича юқори аниқлик ва аниқлаш соддалиги билан ажралиб турилади.

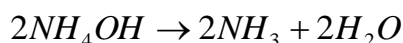
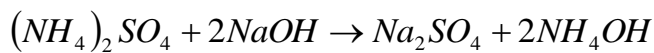
Куйида озиқ-овқат маҳсулотларидаги оксилларни Кьелдал бўйича ва колориметрик аниқлаш усуллари кўриб чиқилади.

3.7.1. Умумий азотни Кьелдал бўйича аниқлаш

Ушбу усул маҳсулот органик моддаларини концентрланган сульфат кислотаси билан иситилганда карбонат ангидрид (CO_2), сув (H_2O) ва аммиаккача (NH_3) оксидланишига асосланган. Бунда ҳосил бўлган CO_2 ва H_2O эритмадан чиқариб юборилади, аммиак эса ортиқча сульфат кислотаси билан реакцияга киришиб аммоний сульфат ҳосил қилади ва эритмада сақланиб қолади.

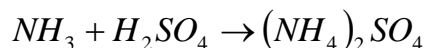


Маҳсулот намуна ўлчамини оксидланиши (куйдирилиши) яқунлангандан кейин ортиқча сульфат кислотаси ишқор ёрдамида нейтралланди, аммоний сульфат кўринишида боғланган аммиак эса ортиқча ишқор билан сиқиб чиқарилади.



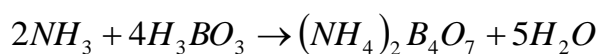
Ҳайдаш пайтида ажралиб чиққан аммиак усул модификациясига кўра титрланган сульфат кислотаси ёки бор кислотаси томонидан ютилиши мумкин.

Ажралиб чиққан аммиак титрланган сульфат кислотасини ортиқча миқдори билан тутиб қолинганда, аммоний сульфат тузи ҳосил бўлади.

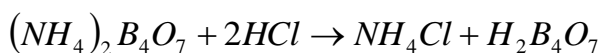


Боғланмай қолган ортиқча озод кислота ишқор билан титрланади. Аммиак билан боғланган кислота миқдори таҳлил учун олинган кислота ва титрлаш учун сарфланган ишқор миқдорлари айирмасига кўра аниқланади. Айнан ушбу айирма бўйича тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчамидаги азот фоизи ҳисобланади.

Ажралиб чиққан аммиакни бор кислотаси томонидан ютилишида, тетраборат аммоний тузи ҳосил бўлади.



Тетраборат аммоний кучсиз кислота тузи сифатида хлор кислотаси билан тўлиқ титрланади.



Титрлашда сарфланган хлор кислотаси миллилитрлари миқдори ҳайдалаётган эритмадаги азот миллиграмларига мос келади.

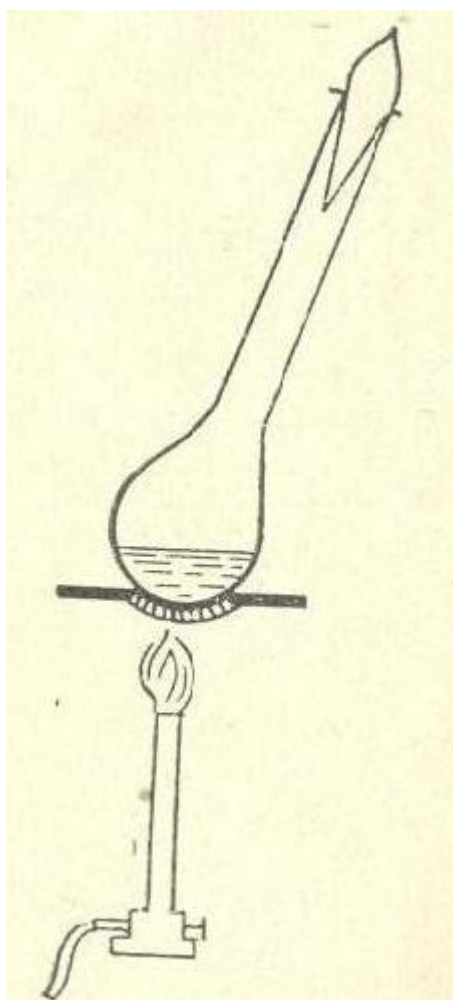
Азотни аниқлашда параллел равишда реактивлар учун бўш тажриба ўтказилади. Бундай тажриба ишчи тажрибадаги тартибда, фақат маҳсулот намуна ўлчами ўрнига дистилланган сув ишлатган ҳолда ўтказилади. Тадқиқот учун олинган маҳсулот намуна ўлчамидаги азот миқдори ишчи ва бўш тажрибаларда аниқланган азот миллиграммлари айирмаси асосида ҳисобланади.

Асбоб ва жиҳозлар. Ҳажми 100, 150, 250 мл. бўлган Кьелдал колбалари; ҳажми 750 мл. бўлган ҳайдаш колбаси; шиша бюксалар; ҳажми 250 ва 500 мл. бўлган колбалар; 25 ва 50 мл. ли бюреткалар; 1000 мл. ли ўлчов колбаси; 25, 250 ва 1000 мл. ли ўлчов цилиндрлари; томчилатгич; чинни ҳовонча; маҳсулот намуна ўлчамини тортиш учун пробирка; аммиакни ҳайдаш учун Кьелдал прибори; техникавий ва аналитик тарозилар; иситиш асбоби; намуна ўлчами куйдирилгандан кейин колбаларни сақлаш учун мўлжалланган уяли яшик.

Реактивлар. Зичлиги 1,84 бўлган сульфат кислотаси; 0,1 н сульфат кислотаси эритмаси; 33 %ли натрий гидрооксид эритмаси; мис сульфати (катализатор); пемза бўлаклари; индикатор (100 мл. бромкрезол яшилини тўйинган эритмаси ва 40 мл. метил қизилини сувли эритмалари аралашмаси).

Ишни ўтказиш тартиби. Умумий азотни аниқлаш қуйидаги босқичлардан иборат: маҳсулот намуна ўлчамини олиш, куйдириш, аммиакни ҳайдаш ва натижаларни ҳисоблаш.

Намуна ўлчамини олиш. Таркибида юқори миқдорда оксилли моддалар, крахмал ва кам миқдорда сув ва шакар бўлган озиқ-овқат маҳслотлари (донли, дуккакли ва бошқалар) ҳаводаги қуруқ намуна ўлчамларида таҳлил қилинади. Таркибида кўп миқдорда сув ва шакарлар мавжуд бўлган намуна ўлчамлари тадқиқот этилганда, куйдиришни бошланишида ва уни давомида колбадаги суюқликни кўпикланиши



Расм 3.14. Шиша қопқоқли
Кьелдал колбаси

кузатилади.

Суюқликни колбадан чиқариб юборилиши олдини олиш учун 1 мл. этил спирти солинади. Қуруқ намуна ўлчамини куйдирилиши секин кечади ва параллел аниқлашлар ўртасида фарқлар кузатилади.

Умумий азотни аниқлашда намуна ўлчамини унда 30-70 мг. азот мавжуд бўлиши ҳисобида олиш тавсия этилади. Ҳайвон маҳсулотлари намуна ўлчами одатда 1 г. гача, ўсимлик маҳсулотлариники эса 1 г. дан юқори (оксилга бой дукакклилар бундан истисно бўлиб, улар намуна ўлчами 1 г. дан ошмайди) бўлади. Тадқиқот этилаётган маҳсулотлар олдиндан майдаланиши керак. Намуна ўлчами пробиркадаги массалар айирмасига кўра олинади. Дастлаб, пробирка техникавий тарозиларда тортилади ва унда керакли миқдорда тадқиқот

этилаётган маҳсулот тортилади. Сўнгра намуна ўлчами ўлчаб олинган пробирка массаси аналитик тарозида аниқланади. Кьелдал колбасига, аввал уни горизонтал ҳолатида солинади. Кейин пробирка вертикал ҳолатга келтирилиб маҳсулот уни ичига тўкилади. Маҳсулот қолдиқлари сақланиб

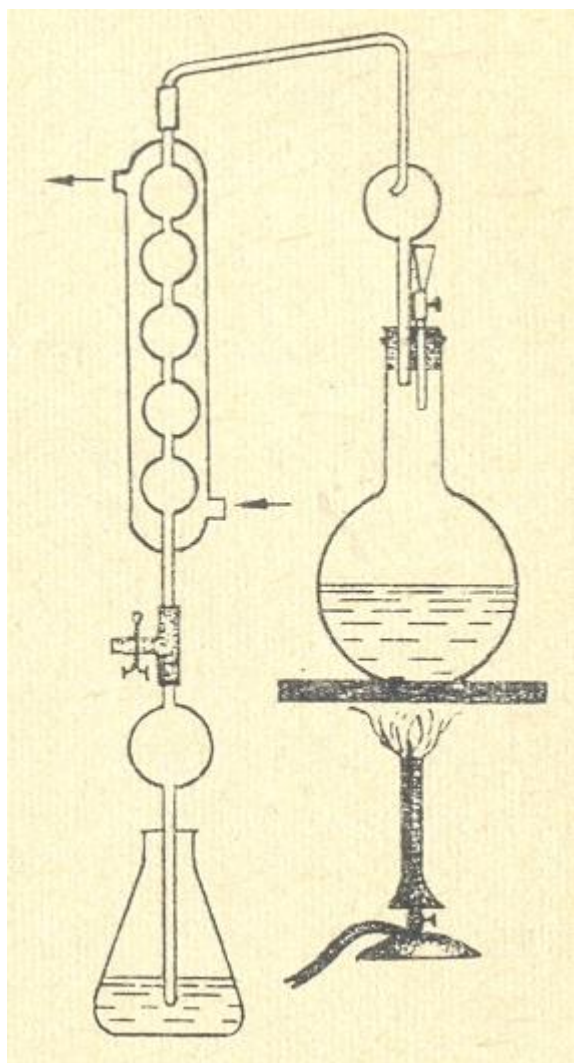
колган пробирка аналитик тарозида тортилади ва биринчи ва иккинчи тортишлар айирмаси бўйича намуна ўлчамини аниқ масса қиймати топилади.

Куйдириш. Колбадаги модда устига 20 мл. концентранган сульфат кислотаси қуйилади ва оксидланиш катализатори сифатида 0,1 г. майда мис сульфат заррачаси солиниб, колба оғма ҳолатида штативга маҳкамланади (расм 3.14). Сўнгра колбага 1 мл. этил спирти қуйилиб, эҳтиётлик билан иситилади. Агар тадқиқот этилаётган маҳсулотда ёғ миқдори кўп бўлса, истилиши олдидан коба 4-6 соат сақланиши керак.

Оқ буғлар ажралиб чиқиши ва суюқлик кўпикланиши тугагач, колбани иситилиши кучайтирилади. Агар намуна ўлчами кўп миқдорда сувга эга бўлса, дастлаб эҳтиётлик билан иситиш орқали суюқликдаги сув буғлантирилади ва кейин куйдириш ҳаво тортгич шкафида давом эттирилади. Бу эритмани тўлиқ тиниқлашгунича одатда 3 соат давом этади. Ёғ кислоталарини тўлиқ парчаланиши учун куйдиришни яна бир соат давом эттириш тавсия этилади.

Аммиакни ҳайдаш. Куйдириш якунлангач колба горелкадан олинади, асбест билан тўшалган маҳсус уяли яшикга жойлаштирилади ва бир мунча совитилгач, ундаги суюқлик ҳайдаш колбасига қуйилади. Колба 100-150 мл. дистилланган сув билан 4-5 марта чайилади ва чайилган сувлар ҳам ўша ҳайдаш колбасига қуйилади. Бунда сув ҳайдаш колбасига эҳтиёткорлик билан, дастлаб, девори бўйича томчилатиб қуйилиши керак, чунки куйдирилган кислотали аралашма сув билан иссиқ ҳолатида суюлтирилади. Аралашма тўлиқ совутилганда сульфат тузлари чўкмага тушади ва сув билан суюлтирилганда секин эрийди. Ҳайдаш пайтидаги турткиларни камайтириш мақсадида колбага бир неча пемза бўлакчалари солинади. Холодильник охирига трубка уланади ва у аммиакни тутиш учун 50 мл. 0,1 н сульфат кислотаси қуйилган қабул қилиш идишга туширилади. Қабул қилиш идиши сифатида ҳажми 300 мл. бўлган конусли колба ишлатилади. Кислотага 2-3 томчи индикатор томизилади ва у қизил бинафша ранга бўялади.

Аммиакни ҳайдаш жараёнида йўқолишини олдини олиш мақсадида, ҳайдаш асбобини барча қисмлари ўзаро зич маҳкамланади (расм 3.15).



Расм 3.15. Аммиакни ҳайдаш асбоби

Ҳайдаш колбасига уни пробкасига жойлаштирилган бўлувчи воронка орқали тўлиқ нейтралланиш ва аммиакни сиқиб чиқарилиши учун 100 мл. 33 %ли ишқор эритмаси қуйилади. Бунда холодильникка уланган трубка учи децинормал кислота эритмасига чўктирилган бўлиши диққат билан кузатилади. Акс ҳолда, колбага ишқор қуйилгач, дастлабки 15 мин. давомида ажралиб чиқаётган аммиак титрланган кислота билан боғланмайди ва демак, ҳисобга олинмаслиги мумкин. Ишқор қуйилгандан сўнг ҳайдаш колбасидаги суyoқлик аралаштирилади ва дастлаб секин, сўнгра эса кучли иситилиб қайнашгача олиб борилдди. Бунда қайнашни секинлашмаслиги ва

кислотани қабул колбасидан ҳайдаш колбасига тортиб олинмаслиги диққат билан кузатилади. Ҳайдаш бошланишдан 15 мин. ўтгач, холодильникка уланган трубкани кислотадан чиқариш мумкин, чунки бу вақтга келиб газ ҳолатидаги аммиакни ажралиши яқунланади. Ҳайдаш дистиллят аммиакга манфий реакция бергунича давом эттирилади. Буни дистиллят билан ҳўлланган қизил лакмус қоғози ёрдамида текшириш мумкин. Агар лакмус қоғози билан ишқорий реакция (мусбат реакция) қайд қилинса, ҳайдаш яна давом эттирилади. Ҳайдаш жараёни одатда 40-60 мин. давомида яқунланади.

Аммиак тўлиқ ҳайдалангандан кейин трубка дистилланган сув билан ювилади ва колба асбобдан ажратилади ва иситиш тўхтатилади. Аммиакни ҳайдашда қабул колбасидаги сульфат кислотаси рангини кузатиш керак. Тадқиқот этилаётган намунадаги азот миқдори юқори бўлганда, ҳайдаш яқунланмасдан туриб қабул қилиш колбасидаги сульфат кислотаси аммиак билан тўлиқ боғланиши мумкин. Буни қабул қилиш идишидаги суюқлик рангини ўзгаришига кўра (индикатор ранги кислотада қизил-бинафша, нейтраллашда эса яшил) аниқлаш мумкин. Бундай ҳолда қабул колбасига бюретка орқали яна 25 ёки 50 мл. 0,1 н сульфат кислотаси қуйилади.

Ҳайдаш яқунлангандан сўнг ортиқча сульфат кислотаси қабул колбасида 0,1 н натрий гидрооксид эритмаси билан суюқликни яшил бўйлишга ўтгунича титрланади.

Ҳисоблаш. Азотни умумий миқдори (X) фоизларда қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{(V_1 \cdot k_1 - V_2 \cdot k_2) \cdot 0,0014 \cdot 100}{g},$$

бу ерда: V_1 - қабул колбасидаги децинормал сульфат кислотаси миқдори, мл;

k_1 - децинормал сульфат кислотасини нормаллик коэффиценти;

V_2 - кислотани титрлашга сарфланган 0,1 н натрий гидрооксид миқдори, мл;

k_2 - 0,1 н ишқор эритмасини нормаллик коэффиценти;

g - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчами, г;

0,0014 - 1 мл. 0,1 н сульфат кислотаси эритмасига мос келувчи азот миқдори, г;

100 - фоизга қайта ҳисоблаш.

Озиқ-овқат маҳсулотларидаги умумий азотни Кьелдал усулида аниқлашда, маҳсулот намуна ўлчамини куйдиришда ҳосил бўлган аммоний тузи ишқор билан парчаланади. Бунда ажралиб чиқаётган аммиак бор кислотаси томонидан ҳам ютилиши мумкинлиги юқорида таъкидланган эди.

Ҳосил бўлган тетраборат аммоний хлор кислотаси билан титрланади ва маҳсулот намуна ўлчамидаги азот миқдори аниқланади. Қуйида умумий азотни Кьелдал усулида аниқлашнинг бу модификациясининг ўзига хос хусусиятлари кўриб чиқилади.

Таҳлилни ўтказиш учун қуйидаги реактивлар зарур бўлади: зичлиги $1830-1840 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ бўлган концентранган сульфат кислотаси; калий сульфат; катализаторлар (қизил симоб оксиди ёки мис сульфат); натрий сульфид; натрий гидрооксиди; бор кислотаси; тетраборат натрий (хлор кислотали эритмасини тузатиш коэффициентини аниқлаш учун); 0,1 н ли хлор кислотаси; метил қизили, метил кўки индикаторлари; ректификацияланган ёки техникавий этил спирти; дистилланган сув.

Реактивлар қуйидагича тайёрланади: натрий гидрооксид эритмасини тайёрлаш учун 500 г. натрий гидрооксиди 1000 см^3 дистилланган сувда эритилади. Катализатор сифатида қизил симоб оксиди ишлатилганда натрий гидрооксид эритмасига натрий сульфид қўшилади, яъни 500 г. натрий гидрооксид ва 12 г. натрий сульфид 1000 см^3 дистилланган сувда эритилади. Қўш индикаторни тайёрлаш учун 2 г. метил қизили ва 1 г. метил кўки 1000 см^3 96 %ли ректификацияланган этил спиртида эритилади.

Барча реактивлар азотланувчи моддалардан озод қилинган бўлиши керак.

Ишни бажариш тартиби. Ҳажми 500 см^3 бўлган Кьелдал колбасига бирин кетин бир неча шиша мунчоқлар ёки чини бўлакчалари, 10 г. сульфат калий, 0,5 г. симоб оксиди ёки 0,04 г. мис сульфати солинади. Маҳсулот намуна ўлчами (масалан, 5 см^3 сут) шиша бюксага ортиб олинади, қопқоғи ёпилади ва массаси ўлчанади. Маҳсулот бюксдан эҳтиёткорлик билан юқорида кўрсатилгандек Кьелдал колбасига қуйилади. Бўш бюкса яна тортилади ва массалар айирмаси бўйича таҳлил учун олинган маҳсулот массаси аниқланади. Колбага 20 см^3 сульфат кислотаси эҳтиётлик билан қуйилади, уни оғзи ноксимон шишали пробка билан бекитилади ва секин айланма ҳаракатлар билан ундаги суюқлик аралаштирилади.

Колба 45° бурчак остида иситиш асбобига жойлаштирилади ва иситилади. Махсулот намуна ўлчамини куйдириш юқорида келтирилган тартибда колбадаги суюқик мутлақо тиниқ ва рангсиз (катализатор сифатида симоб оксиди ишлатилганда) ёки енгил мовий рангга (мис сульфати ишлатилганда) эришгунича давом эттирилади. Эритма тиниқлашгач иситиш яна 1,5 соат давом эттирилади. Сўнгра колбадаги суюқлик хона ҳароратигача совутилади. Унга 150 см^3 дистилланган сув ва бир неча янги қиздирилган пемза бўлакчалари солингач, яна совутилади.

Конусли қабул колбасига 50 см^3 бор кислотаси қуйилади ва 4 томчи индикатор томизилиб, аралаштирилади. Бунда эритма бинафша рангга бўялади. Колба холодильник билан аллонж ва резина пробкаси ёрдамида шундай уланиши керакки, вллонж бор кислотасига бирмунча чўктирилган ҳолатда бўлсин. Сўнгра Кьелдал колбаси холодильник билан бўлувчи воронка ўрнатилган битта пробка орқали ўтувчи томчи тутгич ёрдамида уланади. Ўлчов цилиндрига 80 см^3 натрий гидроксид эритмаси ўлчанади ва бўлувчи воронка орқали Кьелдал колбасига солинади. Эритма тўлиқ солингач, ҳосил бўлаётган аммиакни йўқотилишини олдини олиш мақсадида бўлувчи воронка крани зудлик билан бекитилиши керак.

Кьелдал колбасидаги суюқлик аралаштирилади ва қайнагунча иситилади. Бунда ҳайдаш жараёни юқорида кўрсатилган қоидаларга риоя қилинган ҳолда амалга оширилиши керак. Иситиш даражаси шундай ўрнатилиши керакки, дистилляция вақти 20 мин. дан кам бўлмасин. Ҳайдаш давомида қабул колбасидаги суюқлик бинафшадан яшил рангга ўтади. Аммиакни тўлиқ ҳайдалганига ишонч ҳосил қилиш учун ҳайдаш янги бор кислотаси порциясида (20 см^3) 5 мин. давомида амалга оширилади. Бунда эритма ранги ўзгармай қолиши керак. Жараён якунлангач, конусли колба, аллонжни учки қисми бор кислотасини юзасидан юқорироқ ҳолатга жойлашгунича, пастга туширилади ва ҳайдаш 1-2 мин. давом эттирилади. Сўнгра иситиш тўхтатилади ва аллонж ажратилади. Аллонжни ички ва ташқи юзалари унчалик кўп бўлмаган миқдордаги дистилланган сув билан ювилиб

конус колбага туширилади. Шундан сўнг қабул колбасидаги суюқлик ранги яшилдан бинафша рангга ўтгунича 0,1 н хлор кислотаси билан титрланади.

Параллел равишда ишчи тажрибадаги тартибда, фақат маҳсулот намуна ўлчами ўрнига шунча миқдордаги дистилланган сувдан фойдаланган ҳолда, бўш тажриба ўтказилади.

Умумий азот миқдори (% да) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$N_{\text{оби}} = \frac{1,4 \cdot n \cdot k(V_1 - V_0)}{m}$$

бу ерда: n - хлор кислотаси нормаллиги, $n=0,1$;

k - хлор кислотаси эритмасини тузатиш коэффиценти;

V_1, V_2 - тегишлича ишчи ва бўш тажрибалардаги дистиллятни

титрлаш учун сарфланган 0,1 н хлор кислотаси миқдори, см³;

m - таҳлил учун маҳсулот намуна ўлчами, г.

Яқуний натижа сифатида иккита параллел аниқлашларнинг ўрта арифметик қиймати қабул қилинади. параллел аниқлашлар ўртасидаги фарк 0,03 %дан ошмаслиги лозим.

3.7.2. Оксил миқдорини колориметрик усулда аниқлаш

Ушбу усул тадқиқот синовлари учун мўлжалланган бўлиб, сутдаги умумий оксиллар миқдорини аниқлашда кенг қўлланилади.

Усул маълум рН қийматларида сут оксилларни кислотали характердаги бўёқлар билан эримайдиган комплекс бирикмалар ҳосил қилишга асосланган. Натижада бўёқ эритмасини оптик зичлиги оксил миқдорига пропорционал равишда пасаяди. Эримайдиган комплекс ажратилгач бирикмай қолган бўёқ эритмасини оптик зичлиги ўлчанади ва даражаланган график бўйича сутдаги оксил миқдори аниқланади.

Таҳлилни ўтказиш учун олдиндан бўёқни сувли эритмаси, буфер эритма ва улар асосида ишчи эритма тайёрланиши керак. Ишчи эритмани

тўғри тайёрланганлиги бўёқ концентрацияси ва эритма рНи бўйича текширилиши мумкин.

I. Бўёқни сули эритмасини тайёрлаш. Тўртинчи аниқлик синфидаги лаборатория тарозиларида 5,40 г. кислотали кўк-қора бўёқ тортиб олинади, ҳажми 500 мл. бўлган иссиқликка чидамли колбага ўтказилади ва 200 мл. дистилланган сув қуйилади. колбадаги суюқлик яхши аралаштирилади, бўёқни тўлиқ эриши учун 70°C дан юқори бўлмаган ҳароратгача иситилади ва кейин $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ гача совутилади.

II. Буфер эритмасини тайёрлаш. Бунинг учун дастлаб 31,70 г. лимон кислотаси, 0,6 г. тимол ва 8,40 г. 12-молекула сув (гидратланган натрий гидрофосфат ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)) ёки 3,40 г. натрий гидрофосфат тортиб олинади. Реактивлар ҳажми 750 мл. бўлган иссиқликка чидамли колбага ўтказилиб, унга 400 мл. дистилланган сув қуйилади. Реактивларни тезда эриши учун колбадаги суюқлик аралаштирилади, 70°C дан юқори бўлмаган ҳароратгача иситилади ва кейин $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ гача совутилади. Буфер эритмасини тимолсиз ҳам тайёрлаш мумкин.

III. Кислотали кўк-қора бўёқни ишчи эритмасини тайёрлаш. Ҳажми 2000 мл. бўлган ўлчов колбаси дистилланган сув билан ювилади. Ушбу колбага қоғозли фильтр жойлаштирилган воронка орқали дастлаб юқорида тайёрланган бўёқни сувли эритмаси ва сўнгра буфер эритмаси қуйилади. Воронкадаги қоғозли фильтр бўёқ излари тўлиқ йўқолгунча дистилланган сув билан ювилади. Колбадаги суюқликка 0,2 мл. ёрдамчи модда (ОП-7) солинади. Шундан сўнг колбадаги суюқлик ҳажми дистилланаган сув билан колба белгисигача етказилади ва диққат билан аралаштирилади. Ишчи эритма ишлатилиши олдидан 12 соат сақланиши керак.

IV. Ишчи эритмани тўғри тайёрланганлигини текшириш. Ишчи эритмадаги бўёқ концентрацияси қуйидагича аниқланади. Ҳажми 200 мл. бўлган ўлчов колбасига пипетка билан 2 мл. бўёқни ишчи эритмаси қуйилади, колбадаги ҳажм дистилланган сув билан белгисигача етказилади

ва аралаштирилади. Сўнгра ишчи эритмани 100 марта суюлтирилган бу эритмасини оптик зичлиги фотоэлектроколориметрда аниқланади. аниқлаш ишчи узунлиги 10 мм. бўлган кюветада, 590-600 нм. нурланиш тўлқин узунлигида дистилланган сувга нисбатан амалга оширилади. Колориметрни 3-5 кўрсатишлари қайд қилинади ва натижаларни ўрта арифметик қиймати ҳисобланади. 100 марта суюлтирилган бўёқ ишчи эритмасини оптик зичлиги $0,820 \pm 0,030$ ни ташкил этиши керак. Агар буёқ эритмасини оптик зичлиги $0,820 \pm 0,030$ дан паст бўлса, у юқорида кўрсатилганидек, кислотали кўк-қора бўёқ намуна ўлчамини, пропорционал равишда ошириш йўли билан қайта тайёрланади. Агар бўёқ ишчи эритмасини оптик зичлиги $0,820 \pm 0,030$ дан юқори бўлса, у ҳолда унга буфер эритмаси қуйилади. Бўёқ ишчи эритмасини суюлтириш учун керак бўладиган буфер эритмасини талаб қилинадиган ҳажми (мл. да) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$V = V_1(k - 1)$$

бу ерда: V_1 - бўёқ ишчи эритмасини бошланғич ҳажми, мл.;

k - қайта ҳисоблаш коэффициенти.

Қайта ҳисоблаш коэффициенти (k) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$k = \frac{P_2}{P_1},$$

бу ерда: P_1 - суюлтирилган бўёқ ишчи эритмасини оптик зичлиги (0,820);

P_2 - ўлчанган оптик зичлик.

Бўёқ ишчи эритмасини рН ни текшириш. Эритмани рН кўрсаткичи $2,40 \pm 0,10$ ни ташкил этиши керак. Агар рН кўрсатилган қийматга мос келмаса, унда у концентрланган сульфат кислотани ёки натрий гидроксид кўшиш йўли билан тўғирланади. Бўёқ ишчи эритмаси совутгичда қора шишали идишларда 12 ойдан ортиқ сақланмайди. Тимолсиз тайёрланган эритма эса 4 ойдан ошиқ сақланмаслиги лозим.

V. Даражаланган графикни тузиш. Оксил миқдори 2,5 дан 4,5 %гача бўлган 10 та турли сут намуналарида оксил миқдори Кьелдал усулида аниқланади. Ушбу намуналар учун қуйида баён этилган усул бўйича оптик зичлик аниқланади. Олинган натижалар бўйича энг майда квадратлар усули билан оптик зичликни (P) сутдаги оксил миқдорига (с) боқлиқлигини акс эттирувчи $P = a - bc$ регрессион тенгламаси учун а ва b қийматлари ҳисобланади.

Даржаланган график ҳосил қилинган тенглама асосида оксил миқдорини икки қийматларида (2,5 ва 4,5 %) тузилади. Бунинг учун абсцисса ўқига оксил миқдори ҳақидаги қийматлар, ордината ўқига эса (регрессия тенгламасидан ҳисобланган) уларга мос келувчи оптик зичликлар қийматлари қуйилади. Йил мавсуми ўзгаришида ёки янги бўёқ партияси ишлатилганда даражаланган график тўғрилиги Кьелдал усулида тадқиқот этилаётган 2-3 сут намунаси бўйича текширилади. Агар Кьелдал ва график бўйича аниқланган оксил миқдорлари ўзаро $\pm 0,05$ % дан ортиқ фарқланса, унда янги даражаланган график тузилади.

Ишни бажариш тартиби.

1. Шиша пробиркага 1 мл. тадқиқот этилаётган сут ўлчанади ва унга 20 мл. кўк-қора бўёқни ишчи эритмаси қуйилади.
2. Пробирка резинали пробка билан бектилиб, 5-6 марта 30 секунд давомида айлантирилади. Бунда пробиркани силташ мумкин эмас, чунки қийин бузиладиган кўпик ҳосил бўлади.
3. Ҳосил бўлган эритмайдиган комплексни ажратиш учун пробирка центрифугада $1500 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ айланиш частотасида 10 мин. ёки $1000 \frac{\text{айл}}{\text{мин}}$ да эса 15 мин. давомида айлантирилади.
4. Ҳажми 200 мл. ли ўлчов колбасига пипетка ёрдамида 2 мл. чўкма устки суюқлик ўлчаб олиниб қуйилади. Колбадаги ҳажм дистилланган сув билан белгисигача етказилади ва диққат билан аралаштирилади.

5. Фотоколориметрда ишчи узунлиги 10 мм. бўлган кюветада ва 590-600 нм. нурланиш тўлқин узунлигида, 100 марта суюлтирилган чўкма устки суюқлигини оптик зичлиги дистилланган сувга нисбатан аниқланади. Аниқлаш иккита параллел намуналарда ўтказилади. Ҳар бир намуна учун 3-5 кўрсатишлар қайд қилинади ва кейин ўрта арифметик қиймат ҳисобланади. Ҳар 24 аниқлашдан кейин кювета 5 %ли 12 молекула сув гидратлаган натрий гидрофосфат эритмаси билан ювилади.
6. Даражаланган график ёрдамида ўртача оптик зичлик қийматларида сутдаги оксил миқдори аниқланади. Яқиний натижа сифатида икки параллел аниқлашлар натижаларини ўрта арифметик қиймати қабул қилинади. Улар ўртасида фарқ 0,05 % дан ошмаслиги керак.

3.8. Озиқ-овқат маҳсулотларидаги ёғларни аниқлаш

Ёғлар кўпгина озиқ-овқат маҳсулотларини таркибига киради. Ёғлар ва ёғга ўхшаш моддаларни умумий хусусияти уларни сувда эримаслиги ва органик эритувчиларда (эфир, гексан, пентан, хлороформ, бензин, спирт ва бошқалар) яхши эрувчанлигидир. Ёғларни у ёки бу озиқ-овқат маҳсулотларида аниқлашни маълум гуруҳ усуллари айнан шу хусусиятлардан фойдаланишга асосланган.

Тадқиқот этилаётган маҳсулотдан ёғ миқдорини аниқлашнинг қуйидаги усуллари фарқлаш мумкин:

1. Ёғни эритувчилар ёрдамида ажратиб олишга асосланган усуллар.
2. Кислотали усул.
3. Ёғларни аниқлашни турбидиметрик усули.

Эритувчилар ёрдамида ажратиб олинган моддалар шартли равишда “нам” ёғ деб номланади ва уни таркибида ёғлардан ташқари ёғга ўхшаш моддалар, озод ёғ кислоталари, воск, стеринлар ва бошқа органик

бирикмалар синфига мансуб моддалар (альдегидлар, кетонлар ва бошқалар) киради.

Эритувчилар ёрдамида ажратиб олишга асосланган усуллар ўз ўрнида 4 гуруҳга бўлинади.

Биринчи гуруҳ усуллари. Маълум миқдор маҳсулотдаги ёғ эритувчи ёрдамида кўп маротабали экстракциялаш йўли билан ажратиб олинади. Бу жараён моддадаги ёғ миқдори ўта паст қийматларга эришгунича давом эттирилади. Кейин олинган экстрактдан эритувчи ҳайдалади, нам ёғга эга бўлган қолдиқ қуритилади ва тарозида тортилади.

Иккинчи гуруҳ усуллар. Оғзи зич ёпиладиган қолбада маълум миқдордаги маҳсулотда мавжуд бўлган ёғлар эритувчи билан тўлиқ эритилади. Сўнгра эритма филтрланади, эритувчи ҳайдалади, қолдиқ қуритилади ва тарозида массаси аниқланади. Бу гуруҳдаги усуллар бажарилиши бўйича оддий, аммо биринчи гуруҳ усулларига нисбатан пасайтирилган натижалар беради.

Учинчи гуруҳ усуллар. Маълум миқдордаги маҳсулот ундаги ёғларни тўлиқ чиқариб юборилгунича эритувчи билан экстракция қилинади. Ёғсизлантирилган қолдиқ қуритилади ва массаси аниқланади. Сўнгра моддани бошланғич ва экстракциядан кейинги массалари ўртасидаги айирма бўйича маҳсулотдаги ёғ миқдори аниқланади.

Тўртинчи гуруҳ усуллари. Бу усулларни моҳияти шундан иборатки, маълум миқдордаги озиқ-овқат маҳсулотидан ёғ юқори синдириш кўрсаткичга эга бўлган эритувчи ёрдамида ажратилади. Тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги ёғ миқдори эритувчи ва ундаги ёғ эритмаси синдириш кўрсаткичлари айирмасига кўра аниқланади.

Эритувчилар ёрдамида ёғни ажратиб олишга асосланган усуллар озиқ-овқат маҳсулотларидаги ёғларни миқдорий аниқлашни асосий усули ҳисобланади. Бунда параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,2 %дан ошмайди.

Ёғларни аниқлашни кислотали усули тезлаштирилган усул бўлиб, катор озик-овқат маҳсулотларидаги (сут ва сут маҳсулотлари, биринчи ва иккинчи таомлар) ёғларни миқдорий аниқлашда ишлатилади. Параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,1-0,5 %дан ошмайди.

Ёғларни аниқлашни асбобли турбидиметрик усули ёруғлик оқимини ёғ катламидан ўтишида нур сочилиши сабабли уни интенсивлигини пасайиши даражасини фотометрик ўлчашга асосланган. Бу усул сутдаги ёғ миқдорини аниқлаш учун мўлжалланган бўлиб, ГОСТ5867-90 да батафсил ёритилган. Бу усулда параллел аниқлашлар ўртасидаги фарқ 0,05 %дан ошмайди.

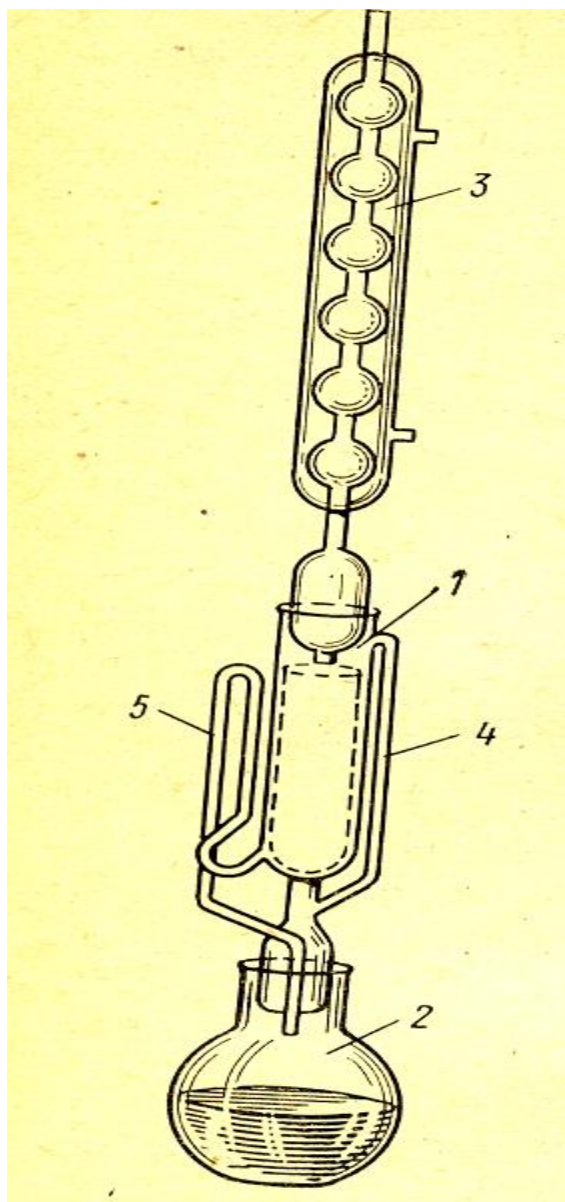
3.8.1. Ёғ миқдорини экстракцион аниқлаш усули

Бу усул тадқиқот этилаётган маҳсулотни куруқ намуна ўлчамидан ёғни эритувчи ёрдамида Сокслет аппаратида ажратиб олишга асосланган.

Эритувчи сифатида кўп ҳолларда этил эфири ишлатилади. Аммо этил эфири билан тадқиқот этилаётган маҳсулотдан нафақат ёғлар, балки кўпгина йўлдош моддалар (фосфатидлар, стеринлар, эркин ёғ кислоталари, баъзи бўёвчи моддалар) ҳам ажратилади. Шунинг учун ёғни миқдорий аниқлашда эфир билан ажратилган ҳамма моддаларни умумий ҳисобга олиш билан чегараланилади. Эфир билан экстракциялашда маҳсулот куруқ бўлиши керак, чунки намлик ёғга йўлдош бўлган моддаларни кўшимча ажралишига кўмаклашади. Шу сабабли ёғларни ажратиш учун сувсизлантирилган эфирни ишлатиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Сокслет аппарати (расм 3.16) қуйидаги қисмлардан иборат: экстрактор (1), қабул қилувчи колба (2) ва тескари совутгич (3). Асбобни барча қисмлари бир-бирига шлиф ёрдамида зич уланади. Асбобни асосий қисми экстрактор ҳисобланиб, у иккита ён трубкалари билан таъминланган цилиндр идишдан иборат. Ён трубкаларни бири (4) кенгроқ бўлиб, эритувчи буғларини совутгичга ўтказишга хизмат қилади. Нисбатан ингичка трубка (5) эфир экстрактини колбага ўтказувчи сифон ҳисобланади.

Асбоб, жихоз ва реактивлар. Ёғни экстракция қилиш учун Соксет аппарати; аналитик тарозилар; фильтр қоғоздан тайёрланган пакет; ховонча, кирғич, лаборатория тегирмони ёки тадқиқот этилаётган маҳсулотни бошқа майдалаш мосламаси; электрли сув ҳаммоми; сувсизлантирилган этил эфири.



Расм 3.16. Ёғни Соксет бўйича миқдорий аниқлаш асбоби:
1-экстрактор; 2-қабул колбаси;
3-совутгич; 4-диаметри кенроқ трубка;
5-диаметри ингичка трубка.

Ишни ўтказиш тартиби.

Тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги тахминий ёғ миқдорига кўра 5-10 г маҳсулот намуна ўлчами олинади. Массани аниқлаш аналитик тарозиларда 0,05 г аниқликда амалга оширилади. Тарозида тортилгач, идишдаги маҳсулотга 2-3 хисса миқдордаги сувсиз натрий фосфат ёки натрий сульфат солинади ва аралашма намуна ўлчамини сувсизлантириш мақсадида яхши аралштирилади. Сувсизлантирилган намуна ўлчами миқдор бўйича фильтр қоғозли пакетга ўтказилади ва Соксет аппаратини экстракторига (1) жойлаштирилади. Фильтр қоғоздан тайёрланган пакет сифон трубкасини (5) юқори бурилмасидан пастроқ жойлашиши ва уни диаметри эксикатор ички диаметридан бирмунча майдароқ бўлиши лозим.

Қуруқ (105°C да қуритилган)

ва тоза Соксет аппаратини қабул колбаси (2) аналитик тарозиларда тортилади ва унга этил эфири қуйилади (уни $\frac{2}{3}$ дан $\frac{3}{4}$ ҳамигача). Эфир

ҳажми эксикатор ички ҳажмидан 1,5-2 маротаба катта бўлиши керак. Шундан сўнг, Сокслет аппаратини колбаси эксикаторга, унга эса совутгич уланади. Совутгичга совуқ сув берилади ва эфир солинган колба сув ҳаммомида иситилади. Қайнаш бир меъёрда кечиши керак. Қаттиқ қайнашда бир қисм эфир учиб кетиши мумкин, суст қайнашда эса эфирни экстракторни ён трубкасида қисман конденсацияланиши сабабли уни трубка бўйича оқиб тушиш даврийлиги бузилади. Эфирни қайнаётган буғлари экстракторни кенг трубкаси бўйлаб совутгичга ўтади, конденсацияланади ва эфир томчилари маҳсулот жойлаштирилган пакетга оқиб тушади.

Экстрактор аста-секин эфир билан тўлади ва маҳсулотдан ёғ ажаралади. Экстрактордаги эфир сифон трубкасини юқори бурилмасидан юқорига кўтарилганида, у сифон бўйлаб колбага оқиб тушади. Колбага оқиб тушган эфир исиши давомида қайта буғланади, буғлар яна совутгичга кўтарилади, ёғ эса колбада қолаверади ва ҳоказо. Шундай қилиб, унчалик катта бўлмаган эритувчи билан олинган маҳсулот намуна ўлчамидаги ёғни қабул колбасига ўтказиш мумкин.

Экстракциялаш охири ҳақида экстрактордан оқиб тушаётган эфирдан фильтр қоғози ёки соат ойнасига томчи томизиш, у қуригандан кейин ёғли изни бўлмаслигига кўра хулоса қилинади.

Ёғни ажралиш тўлиқлигини эфир экстрактсини 1 соат давомида оқиб тушиш сонига кўра баҳолаш мақсадга мувофиқдир. Одатда, 1 соат давомида эфирни 10-15 маротаба оқиб тушиши рўй беради. Бундай шароитларда маҳсулотдан ёғни тўлиқ экстракцияланиши 4-5 соатдан кейин яқунланади. Экстракция жараёни яқунлангач, колбани иситиш тўхталидаи ва уни совушига имкон берилади, сув берилиши тўхталиби, совутгич ажратилади. Сўнгра экстракторни бир томонга оғдириб, ундаги эфир сифон трубкаси орқали қабул колбасига қуйилади ва колба экстрактордан ажратилади.

Агар эфир экстракти, унга маҳсулот заррачалари тушишидан бирмунча хирароқ бўлса, у қуруқ қоғозли фильтр орқали ўзгармас массага

келтирилган бошқа колбага филтрланади. Колбадаги колдиклар янги эфир порциялари билан ювилиб, ўша филтр орқали филтрланади.

Эфирни ҳайдаш асбоби расм 3.17 да кўрсатилган. Эритмали колба (1) совутгичга (2) уланади, форштосс (3) эркин ҳолда, пробкасиз, қабул қилгичга (4) туширилади. Эфирни буғланиб кетишини камайтириш мақсадида колба (1) оғизидаги тирқиш пахта билан ёпилади. Эфирни якуний ҳайдаш ва нам ёғни қуритиш 100-105 °Сда қуритиш шкафи, термостат ёки инерт газ муҳитида вакуум термостатда амалга оширилади. Шундан сўнг колба қуритилган ёғ билан биргаликда совутилади ва аналитик тарозиларда тортилади.

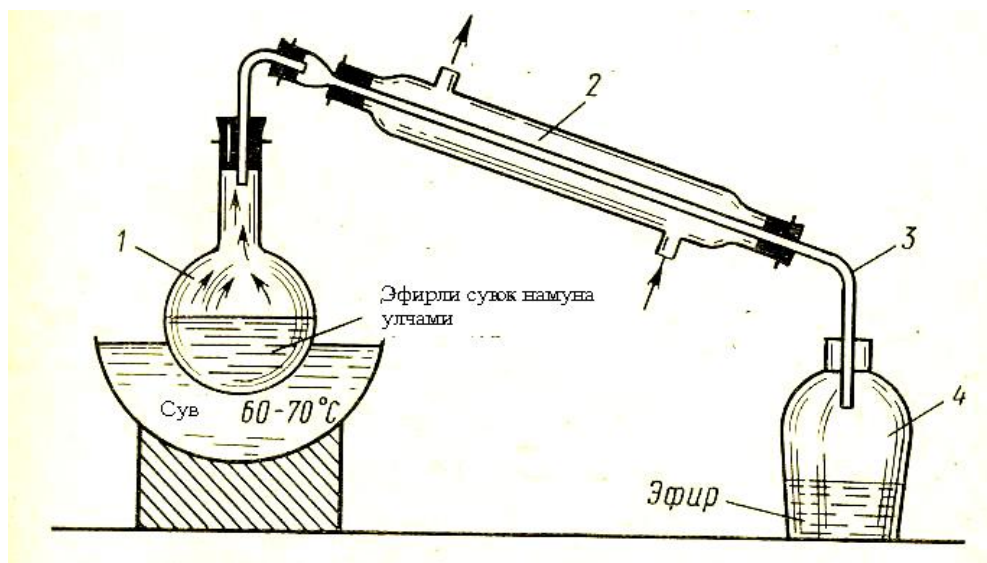
Ҳисоблаш. Ёғ миқдори фоизларда X қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$X = \frac{(g_1 - g_2) \cdot 100}{g}$$

бу ерда g_1 - колба ва ёғни биргаликдаги массаси, г;

g_2 - бўш колба массаси, г;

g - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчами, г.

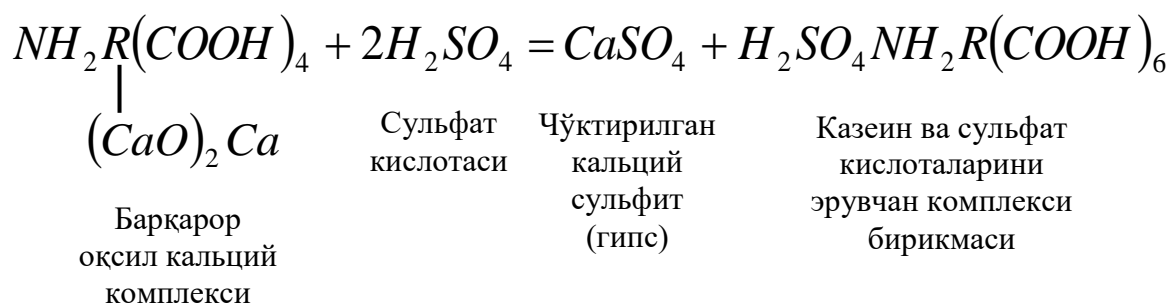


Расм 3.17. Эфирни ҳайдаш асбоби:
1-колба, 2-совутгич; 3-форштосс; 4-қабул қилгич.

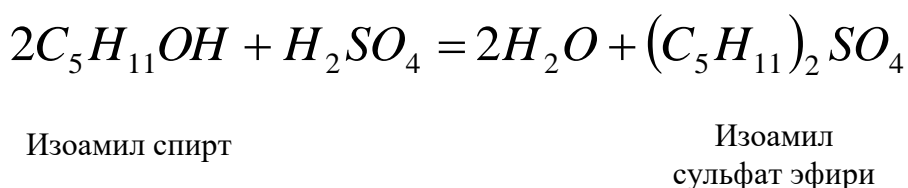
3.8.2. Ёғни кислотали усул билан аниқлаш

Ушбу усул сутдаги ёғ миқдорини аниқлашни стандарт усули ҳисобланади.

Сут ёғини миқдорий аниқлаш учун у узлуксиз қатлам сифатида ажратилади. Сутдаги ёғ оқсил қобиқлари билан ўралган алоҳида ёғ шарчалари сифатида мавжуд бўлади. Оқсил қобиғи ёлғ шарчаларини бирлашишига тўсқинлик қилади. Шунинг учун ёғни ажратиш олиш учун уни бузиш керак. Кислотали аниқлаш усулида оқсил қобиқлари концентранган сульфат кислотаси таъсирида бузилади. Натижада сутни казеин-кальцийли комплекси казеинни сульфат кислотаси билан ҳосил қилган эрувчан бирикмасига ўтади. Бунда содир бўладиган реакцияни схематик тенгламаси қуйидагича:



Комплекс бирикмадан ташқари оқ чўкма кўринишидаги (гипс) сульфат кислотасини кальцийли тузи ҳосил қилинади. Реакция аралашма ҳароратини 70-75 °Сгача ошиши билан кечади. Аниқлашда изоамил ёки амил спирти ишлатилади ва у кислота билан реакцияга киришиб изоамил-сульфат эфири ҳосил қилади.



Ҳосил бўлган эфир сульфат кислотани ортиқча қисмида эрийди ва айни вақтда ёғ ва ёғсиз қисмлар чегарасидаги спирт таранглигини пасайтира туриб

оқсил қобиғидан озод бўлган ёғ шарчаларини бирлашишига кўмаклашади. Шу билан ёғни тўлиқ ва тез ажралиб чиқиши таъминланади. Центрифугалашда сут ёғи аралашмани енгил фракцияси сифатида ёғ ўлчагични даражаланган қисмида тўпланади.

Ёғ ўлчагичлар сут ва сут маҳсулотларидаги ёғ миқдорини аниқлашга мўлжалланган.

Мўлжалланишига кўра улар паст ёғли маҳсулотлар (ёғсиз сут, айрон, сут зардоби ва бошқалар), сут ва сут маҳсулотлари ва қаймоқ ёғ ўлчагичларига бўлинади.

Ёғсиз сут ва паст ёғли маҳсулотлар учун мўлжалланган ёғ ўлчагичлар икки турга бўлинади: ўлчаш чегараси 0-0,5 % (бўлинма қиймати 0,02 %) ва 0-1 % (бўлинма қиймати 0,05 %) (расм 3.18, а).

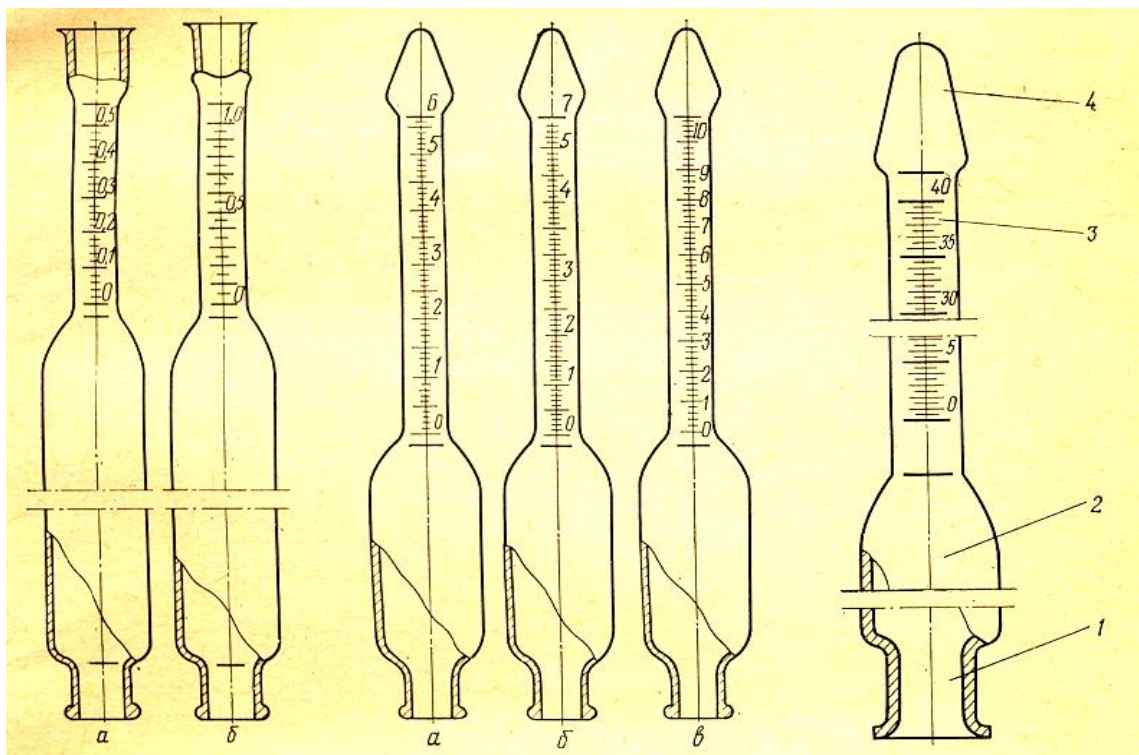
Сут ва сут маҳсулотлари ёғ ўлчагичларини уч тури маълум: ўлчаш чегараси 0-6 % (бўлинма қиймати 0,1 %), 0-7 % (бўлинма қиймати 0,1 %) ва 0-10 % (бўлинма қиймати 0,2 %) (расм 3.18, б).

Қаймоқ ёғ ўлчагичларини ўлчаш чегараси 0-40 % бўлиб, майда бўлим қиймати 0,5 % (расм 3.18, в).

Асбоб ва жиҳозлар. Сут ёғ ўлчагичи; лаборатория центрифугаси; ҳажми 10,77 мл бўлган ўлчов пипеткаси; ёғ ўлчагичлар учун мўлжалланган резинали тиқинлар; сульфат кислотаси ва изоамил спиртни ўлчаб олиш учун мўлжалланган тегишлича ҳажми 10 ва 1 мл бўлган автомат пипеткалар; сувли ҳаммом; ёғ ўлчагичлар учун штатив; 100 °Сга мўлжалланган термометр; сочиқ.

Ишни ўтказиш тартиби. Ёғни сут хом-ашёсида кислотали усулда аниқлаш тартиби расм 3.19 да келтирилган. Тоза ва қуруқ ёғ ўлчагичга унинг оғзига тегизмасдан, автопипетка ёрдамида 10 мл сульфат кислотаси (солиштирма оғирлиги 1,81-1,82) ва яхшилаб аралаштирилган 10,77 мл сут қуйилади. Сут кислота билан аралашиб кетмаслиги учун эҳтиётлик билан ёғ ўлчагични девори бўйлаб оқизилади. Кейин ёғ ўлчагичнинг оғзига тегизмасдан туриб 1 мл изоамил спирт қуйилади. Ёғ ўлчагич қуруқ резина

тиқини билан бекитилади, бунда тиқиннинг тахминан ярими ёғ ўлчагичга кириши керак. Ёғ ўлчагични сочикка ўраб (агар махсус штатив бўлмаса), оксил бутунлай эриб бўлгунича чайқатилади.



Расм 3.18, а. Ёғсиз сут ва паст ёғли маҳсулотлар ёғ ўлчагичлари:
а- ўлчаш чегараси 0-0,5 %; б-ўлчаш чегараси 0-1 %

Расм 3.18, б. Сут ва сут маҳсулотлари ёғ ўлчагичлари:
а-ўлчаш чегараси 0-6 %; б-ўлчаш чегараси 0-7 %; в-ўлчаш чегараси 0-10 %

Расм 3.18, в. Қаймоқ ёғ ўлчагичлари:
1-бўйни; 2-корпус; 3-шкаласи; 4-бошчаси

Шуни таъкидлаш лозимки, ёғни аниқлаш учун солиштирма оғирлиги 1,81-1,82 дан юқори ёки паст бўлган сульфат кислота ишлатилиши мумкин эмас. Зичлиги 1,82 дан юқори бўлган сульфат кислота оқсил моддалари ва сут кандини куйиб қорайишига олиб келади. Бунда ҳосил бўладиган қора тўплалар ёғ қатлами чегарасида тўпланиб, ёғ миқдорини кайд қилишга ҳалақит беради.

Кислотани зичлиги паст бўлганда ёғ шарчаларини оқсил қобиқлари қисман бузилмай қолади ва ёғни тўлиқ ажралиб чиқиши кузатилмайди.

Сутни ёғ ўлчагичга қўйишда қуйидагиларга эътибор бериш керак. Пипеткадан сут оқиб чиққач, уни учи ёғ ўлчагичдан 6 сек давомсида ажратилмаслиги керак. Пипетка учки қисмида қолган сутни пуфлаш керак эмас, чунки пипетка ҳажми сутни эркин оқиб чиқишига мўлжалланган. Сутни ҳарорати 20 °С бўлиши керак. Айниқса, сутни ёғ ўлчагичга қуйишда уни кислота билан аралашиб кетмаслигига йўл қўймаслик керак. Шунингдек пипеткани учки қисми кислотага тегмаслиги лозим, акс ҳолда сутни унда ивиб қолиши ва оқиб чиқиши қийинлашади.



Расм 3.19. Сутдаги ёғ миқдорини аниқлаш тартиби:
 1-дозаторни кислота билан тўлдириш; 2-ёғ ўлчагичларга қуйиладиган кислота сатҳи; 3-кислотани ёғ ўлчагичга қуйиш; 4-сутни қуйиш; 5-изоамил спиртини қуйиш; 6-ёғ ўлчагични резинали тиқин билан бекитиш; 7-аралаштириш учун металл қопқоқли штативга ўрнатилган жиромерлар; 8-центрифуга.

Ёғ ўлчагичга солинадиган изоамил спирт миқдори 1 мл дан ортиқ бўлса, уни унчалик юқори эрувчанликка эга бўлмаганлиги (1:35) сабабли эфирни ортиқча қисми ёғ фракциясига ўтиб, уни ҳажмини оширади.

Ёғ ўлчагич юқорида кўрсатилган тартибда тўлдирилиши керак. Агар ёғ ўлчагичга дастлаб сут, кейин сульфат кислотаси қуйилса, унда ёғ ўлчагични ингичка қисмида ивиган оксиллар тиқилиб қолади ва таҳлилни қайта ўтказишга тўғри келади. Агар спирт кислота билан аралаштирилса, таҳлил натижаларини бузувчи қатор эримайдиган бирикмалар ҳосил бўлади.

Ёғ ўлчагичлар бир хил ҳажмга эга бўлмайди ва шунинг учун бир хил ўлчанган реактивлар миқдорида турли ёғ ўлчагичларда ажралиб чиққан ёғ

устуни бир хил ҳолатни эгалламайди. Таҳлил охирида ажралиб чиққан ёғ ҳажмини ўлчаш учун, ёғ устуни центрифугалашдан кейин асбобни ингичка қисмида жойлашиши центрифугалашдан олдин эса ёғ ўлчагичдаги суяқликни юқори сатҳи шкалани 9-10 бўлимлари чегараларида бўлиши керак. Бу, оғзи ёпилган ёғ ўлчагични тикинини пастга қаратиб ушлаб туриш билан текширилади. Агар суяқликни юқори чегараси шкалани пастки қисмида жойлашган бўлса, ёғ ўлчагичга сульфат кислотаси солинади. Унчалик кўп бўлмаган сульфат кислотасини солиниши аниқлаш натижаларига таъсир қилмайди.

Ёғ ўлчагичларни суяқлик тўлдирилиши текширилгач, у тикинини пастга қаратиб ҳарорати 60-70 °C бўлган сув ҳаммомида 5 мин сақланади. Бундай ҳароратда сутни ёғи эриган ҳолатда бўлиб, бу уни центрифугалашда ажралишини енгиллаштиради.

Беш минутдан кейин улар олиниб артилади ва ингичка томонини марказга қаратиб центрифуганинг гильзаларига жойланади. Мувозанатни сақлаш учун центрифугада ёғ ўлчагичлар жуфт-жуфт ҳолда бир-бирига қарама-қарши томонларга жойлаштирилади. Агар уларнинг сони тоқ бўлса, мувозанатни сақлаш учун битта жиромерга сув тўлдириб қўйилади. Шундан сўнг центрифуганинг қопқоғи бураб бекитиладида (минутига камида 1000 марта) 5 минут давомида айлантирилади. Бунда ёғ аралашманинг энг енгил таркибий қисми сифатида асбобнинг даражаланган қисмида йиғилади.

Центрифугалаш вақтида ёғ ўлчагичлардаги аралашма ҳарорати пасаяди. Ёғ ўлчагичлар 65 °C ҳароратда даражаланганлиги сабабли, центрифугалашдан кейин ёғ ўлчагичлар (тиқин томонини пастга қаратиб) 65 °Cли сув ҳаммомига 5 минутгача қўйилади.

5 мин ўтгач, ёғ ўлчагични шкаласига қараб сутдаги ёғ миқдори аниқланади. Бунинг учун жиромерлар тик ҳолатда ушланади. Ҳисоблашни осонлаштириш учун тиқинни ичкари ёки ташқари томонга суриб, ёғ устунчасининг пастки сатҳини нолга ёки шкаланинг яқинроқдаги яхлит бўлимига тўғирлаб, ёғ устунчасининг юқориги эгилган чеккаси – мениск

белгиланади ва ёғ устунчаси жиromeр шкаласининг қанча бўлимини эгаллаши саналади. Сут ёғ ўлчагичларда шкаланинг ҳар бир катта бўлими 1 %, кичик бўлими 0,1 %га тўғри келади. Агар ёғ қатлами тиниқ бўлмаса, аниқ ажралиб турмаса, ёғни аниқлаш иши такрорланади.

3.9. Витаминларни аниқлаш

Витаминлар ҳақидаги гипотеза таърифи 1911 йилда поляк олими Казамир Функ томонидан берилди. У гуруч кепадан олинган кристалл фаол модда таркибини текшириб унда амин шаклидаги азот борлигини аниқлади ва бу моддага ҳаёт учун зарур бўлган янги кимёвий бирикма деб қараб, унга “витамин” номини берди. “Вита” лотинча – ҳаёт, “амин” – таркибида азот тутувчи кимёвий группа, демак, витамин “ҳаёт амини” маъносини англатади.

Кейинги йилларда кашф этилган турли витаминларнинг кимёвий таркибини ўрганиш, уларнинг кўпчилигида азотнинг йўқлигини кўрсатди, аммо витамин атамаси фанда ва халқ орасида мустаҳкам ўрнашиб қолганидан, уни бошқа атама билан аламаштириш мақсадга мувофиқ кўрилмади. Эндиликда озиқ-овқат маҳсулотларида кам миқдорда учрайдиган одам ва ҳайвонлар организмнинг нормал ҳаёти учун зарур бўлган, кимёвий тузилишига кўра, турли органик бирикмалар синфига тегишли биологик фаоли моддалар группаси витаминлар номи билан юритилади.

Тирик организмларнинг ҳамма тури ҳам, масалан, бир қатор бактериялар ва ўсимликлар ташқаридан витаминларни киритилишига муҳтож эмас. Витаминларнинг баъзилари маълум чегарада ҳайвонларда ҳам синтезланади. Масалан, одам ва бошқа приматлар С витаминини синтез қила олмайди, аксинча каламушлар эса С витаминини глюкозадан синтез қила олишади. Одам организмида кўпчилик витаминлар синтез қилинмайди, баъзилари ичак микрофлораси томонидан ва тўқималарда кам миқдорда

синтез қилинади. Шунинг учун ҳам улар доимо овқат билан киритиб турилиши зарур.

Ҳозирги вақтда витаминлар ва уларнинг хиллари 30 га яқин. Уларни овқатнинг турли компонентларига боғлиқ бўлишига қараб, фақат эрувчанлиги асосида иккита катта гуруҳга: сувда эрийдиган ва ёғда эрийдиган витаминларга бўлинади. Сувда эрийдиган витаминларга В₁ (тианин), В₂ (рибофлавин), РР (никотинамид), В₆ (пиридоксин), С (аскорбат кислота), В₁₂ (кобаламин), Н (биотин), В_с (фолат кислота), В₃ (пантотенат кислота) ва Р (цитрин) витаминлари тегишли. Ёғда эрийдиган витаминлар гуруҳи унчалик кенг эмас ва унга А (антиксерофтальмик), D (антирахитик), Е (кўпайиш) ва К (антигеморрогик) витаминлари мансуб.

3.6-жадвалдаги баъзи озиқ-овқат маҳсулотларидаги витаминлар миқдорлари (мг/100 га да) келтирилган. Келтирилган жадвал маъумотлари мева, сабзавотларни ва ҳайвон маҳсулотларини витаминларга бойлигидан далолат беради.

Демак, озиқ-овқат маҳсулотларидаги витаминлар миқдори фоизни минг ва ўн минг улушини ташкил этади. Шунинг учун витаминларни аниқлаш усуллари етарлича сезгир ва аниқ бўлиши лозим.

3.6-жадвал

Маҳсулот	Витаминлар миқдори, мг/ 100 г.					
	А	α каротин	В ₁	В ₂	РР	С
1	2	3	4	5	6	7
Гурунч	-	0	0,34	0,08	3,82	-
Оби нон	-	0	0,18	0,06	1,80	-
Сутли шоколад	-	0,04	0,05	0,26	0,5	-

3,2 %ли пастерланган сут	-	0,01	0,04	0,15	0,1	1,3
Карам	-	0,02	0,03	0,04	0,74	45,0
Қовун	-	0,40	0,04	0,04	0,40	20,0
Қизил сабзи	-	9,0	0,06	0,07	1,6	5,0
Қўй гўшти	-	излари	0,08	0,14	3,8	излари
Мол жигари	8,2	1,0	0,30	2,19	9,0	33
Тухум	0,25	-	0,07	0,44	0,19	-

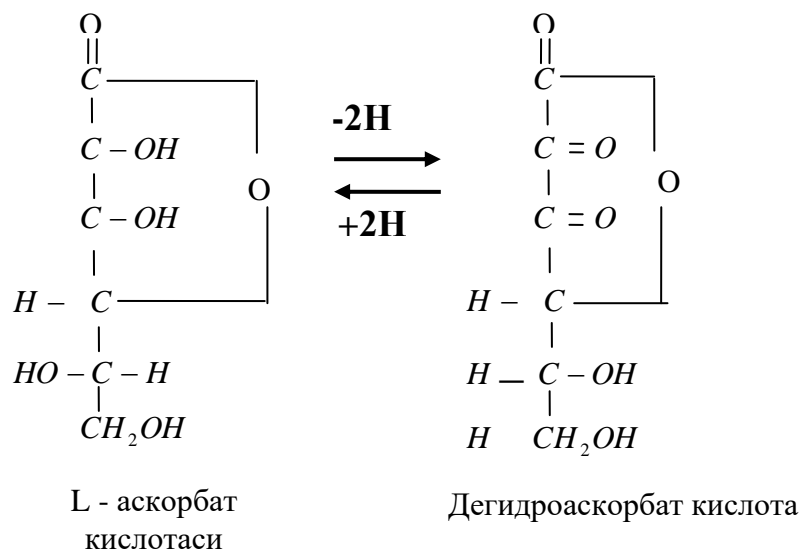
Кўпгина озиқ-овқат маҳсулотларини сифатини баҳолашда С витамини муҳим аҳамият касб этади.

Қуйида озиқ-овқат маҳсулотларидаги С витаминини миқдорий аниқлаш усуллари келтирилади.

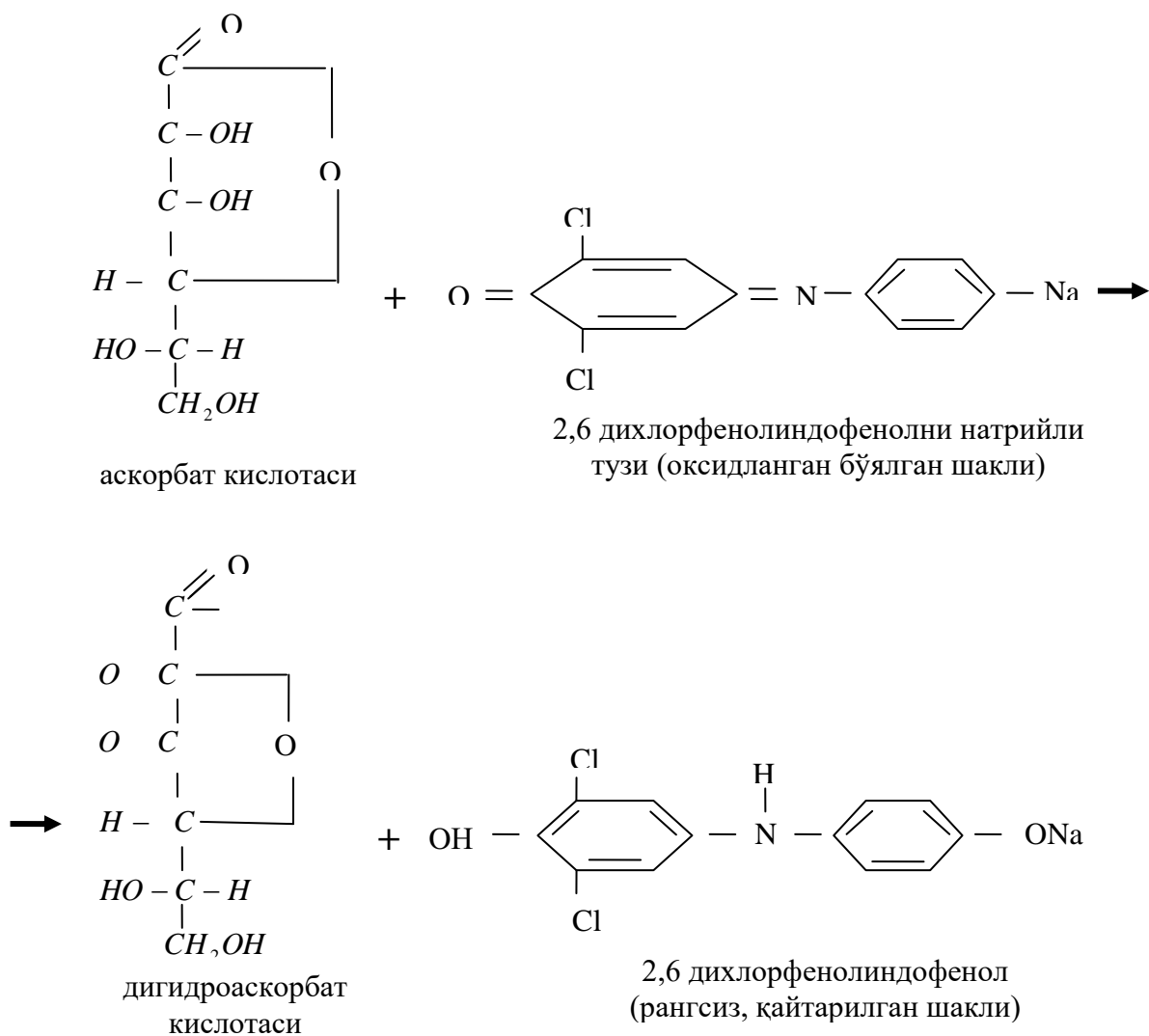
3.9.1. С витаминини (аскорбат кислотаси) миқдорий аниқлаш

Аскорбат кислотаси тоза кўринишда оқ кристалл кукун бўлиб, таъми нордон, уни эриш ҳарорати 189°C . Аскорбат кислота оптик фаолиятга эга, сувда яхши эрийди, ҳавода, айниқса, жуда кам миқдорда Cu^{++} ёки Fe^{++} бўлганда осонлик билан оксидланади. Оксидланиш натижасида енол группалар кетон группаларга айланади. Ҳосил бўлган дегидроаскорбат кислота витаминлик қобилиятига эга, лекин у жуда беқарор бўлади, организмда ва *in Vitro* шароитида осонлик билан аскорбат кислотага қайтарилади. Аскорбат кислота исикқа чидамсиз, овқат тайёрлашда ҳаво кислороди иштирокида унинг кўп қисми парчаланиб кетади.

Демак, аскорбат кислота ҳамда унинг дегидро шакли водород, яъни протон ва электрон қабул қилиш, уни узатиш қобилиятига эга бўлган оксидловчи ва қайтарувчи системани ташкил қилади.



Аскорбат кислотасини аниқлаш уни 2,6-дихлорфенолиндофенол (2,6 ДИФ) билан оксидланишига асосланган. Бунда 2,6 ДИФ қайтарилиб, рангсиз шаклига ўтади.



2,6 АИФ индикаторлар хусусиятига эга бўлиб, ушбу тузни қорамтир-кўк ранги аскорбин кислотаси қўйилганда рангсизланади. аскорбин кислотаси мавжуд бўлмаганда, 2,6 ДИФ ни натрийли тузи кислотали муҳитда қизғиш бўялишга эга бўлади.

С витаминини аниқлашда тадқиқот этилаётган маҳсулотдан тайёрланган кислотали экстракт оксидловчи бўёқ 2,6 дихлорфенолиндофенол билан йўқолмайдиган қизғиш бўялиш ҳосил бўлгунча титрланади. С витамини миқдори ҳақида титрлашга сарфланган индикатор миллилитрлари миқдори бўйича ҳукм чиқарилади. Шунинг эътиборга олиш керакки, индикатор нафақат аскорбат кислотаси, шунингдек дубил моддалари ва баъзи оксиллар билан ҳам реакцияга киришади.

Бошқа томондан, индикатор аскорбат кислотасини биологик фаоли шакли ҳисобланмиш дегидроаскорбат кислотаси ва боғланган аскорбат кислотаси билан реакцияга киришади. Шунинг учун ўзаро таққосланадиган таҳлил натижалари олиш учун аниқлаш услубиятига қатъий риоя қилиш керак. Агар сульфитация қилинган маҳсулотлар тадқиқот этилаётган бўлса, улар олдиндан десульфитация қилинади. Дегидроаскорбат кислотасини аниқлаш учун у экстрактни олтингугурт билан ишлов бериш йўли билан аскорбат кислотасига қайтарилади ва кейин аниқлаш амалга оширилади.

Асбоб ва жиҳозлар: Микробюреткалар; ҳажми 50 мл. бўлган конус колбалар; чинни ҳавонча; 10 мл. ли даражаланган пипеткалар; 50 мл. ли чинни идишлар; 100 мл. ли ўлчов колбалари; воронка; центрифуга ва центрифугалаш пробиркалари; Кипп аппарати; шпатель.

Реактивлар: 2,6 дихлорфенолиндофенол эритмаси $NaHCO_3$; кристалл ҳолдаги аскорбат кислотаси; 2 %ли сульфат, хлор ёки метафосфор кислотаси; 0,001 н ли KIO_3 эритмаси; кристалл ҳолатдаги KI ; 1 %ли крахмал эритмаси; ўта майдаланган шиша; 2 %ли сиркакислотали кўрғошин эритмаси; 0,5 ва 2 н хлор кислотаси эритмаси; 25 %ли сирка кислотали натрий; H_2S олиш учун тайёрланган Кипп аппарати; CO_2 ли баллон.

2,6 дихлорфенолиндофенол эритмаси қуйидагича тайёрланади: Аввал техникавий тарозида 50 мг. қуруқ бўёқ соат ойначасида тортиб олинади. Сўнгра бўёқ намуна ўлчами ҳажми 200 мл. бўлган ўлчов колбасига воронка орқали 100-150 мл. дистилланган сув ёрдамида миқдорий ўтказилади. Кейин ўлчов колбасига 5 томчи 0,01 н ишқор эритмаси томизилади ва яхши аралаштирилгач, колбага уни белгисига етгунича дистилланган сув қуйилади. Ҳосил бўлган бу эритма зич фильтр орқали қуруқ колбага филтрланади. 0,001 н KIO_3 эритмасини тайёрлаш учун 102°C да икки соат давомида қуртилган 0,03568 г. KIO_3 100 мл. дистилланган сувда эритилади.

Ишни бажариш тартиби. С витаминини аниқлаш аскорбат кислота бўйича индикатор титрини ўрнатиш, тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчамидан экстракт тайёрлаш ва титрлаш босқичларидан иборат.

2,6 ДИФ ни аскорбат кислота бўйича титрини ўрнатиш учун шпатель учида 1-1,5 мг. (тарозида тортмасдан) аскорбат кислотаси олинади ва 50 мл. 2 %ли метфосфор кислотаси (HPO_3) да эритилади. Метафосфор кислотаси мавжуд бўлмаган ҳолда хлор ёки сульфат кислотасидан фойдаланиш мумкин. Ҳосил қилинган 5 мл. эритма чинни идишга ўтказилади ва микробюреткадан бўёқ билан титрланади. Шундан сўнг, шундай ҳажмдаги аскорбат кислотаси эритмаси, унга бир неча KI кристаллари (50-100 мг. дан юқори эмас) ва 3-5 томчи крахмал эритмаси солиниб, бошқа микробюреткадан 0,001 н KIO_3 эритмаси билан титрланади. Титрлаш эритмани рангсизлангунича, яъни кўк бўялиш йўқолгунича давом эттирилади.

1 мл. бўёққа мос келувчи аскорбат кислота миллиграммлари миқдори (X) қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$X = \frac{0,088 \cdot V}{V_1},$$

бу ерда: 0,088 - 1 мл. 0,001 н KIO_3 эритмасини 0,088 мг. аскорбат кислотасига эквивалентлиги;

V - аскорбат кислотасини титрлашга сарфланган 0,001 н KIO_3
эритмасини миқдори, мл;

V_1 - аскорбат кислотасини титрлашга сарфланган 2,6 ДИФ
миқдори, мл.

2,6 ДИФ эритмаси беқарор бўлганлиги учун уни титри ҳар бир тажриба олдида аниқланиш керак.

Тадқиқот этилаётган маҳсулот ўрта намунасидан экстракт тайёрлаш учун намуна ўлчами аввало ундаги С витаминини кутиладиган миқдорига боғлиқ ҳолда олиниши керак. Масалан, цитруслилар тадқиқот этилганда 0,1 мл. шарбат, карамдан 5-10 г., картошка, олма ва нокдан эса 10-15 мг. намуна ўлчами олиниши керак. Намуна ўлчами чинни идишларга миқдор бўйича ўтказилгач, унга С витаминини оксидланишдан асраш учун 15-20 мл. 2 %ли метафосфор кислотаси эритмаси қўйилади, майдаланган шиша солинади ва бир жинсли масса олингунича эзилади. Олинган масса миқдор бўйича воронка орқали ҳажми 100 мл. бўлган ўлчов колбасига ўтказилади. Бунда чинни идиш ва эзгичдаги маҳсулот қолдиқлари метафосфор кислотаси билан ювилиши ва ўша колбага ўтказилиши керак. Шундан сўнг, колбадаги суюқлик дистилланган сув билан колба белгисигача етказилади, яхши аралаштирилади ва қуруқ қатланган фильтр орқали филтрланади. Олинган ушбу филтрда С витамини аниқланади.

Тадқиқот этилаётган маҳсулотдаги барча биологик фаол С витамин миқдори дегидроаскорбат кислотаси қайтарилгунча ва ундан кейин алоҳида аниқланиши зарур.

Аскорбат кислотасини қайтарилган шаклини аниқлаш. 10 мл. тиниқ ва рангсиз маҳсулот экстракти чинни идишга жойлаштирилади ва микробюреткадан тайёрланган 2,6 ДИФ эритмаси билан барқарор оч пушти ранг ҳосил қилингунича титрланади.

Қайтарилган аскорбат кислотаси миқдори X (миллиграмм-фоизда) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = \frac{V \cdot T \cdot V_1 \cdot 100}{g \cdot V_2},$$

бу ерда: V - экстрактни титрлашга сарфланган 2,6 ДИФ миқдори, мл;
 T - 1 мл. 2,6 дихлорфенолиндофенолга мос келувчи аскорбат кислотаси миқдори, мг;
 V_1 - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчамидан тайёрланган сувли экстрактни умумий ҳажми, мл;
 100 - миллиграмм-фоизларда қайта ҳисоблаш;
 g - тадқиқот этилаётган маҳсулот намуна ўлчами, г;
 V_2 - титрлаш учун экстракт ҳажми, мл.

Дегидроаскорбат кислотани аниқлаш. 5 мл. тайёрланган экстракт центрифугалаш давомида бирин кетин 2 мл. 2 %ли сирка кислотали кўрғошин эритмаси, 1 мл 0,5 н HCl эритмаси ва 2 мл 25 %ли сирка кислотали натрий эритмаси қуйилади (агар 10 мл экстракт олинса, унда юқоридаги реактивлар икки мартаба кўпроқ олинади). Кейин олинган аралашма орқали, дегидроаскорбат кислотасини қайтариш мақсадида 10 мин давомида H_2S оқими ўтказилади. Сўнгра пробирка пробка билан бекитилади. С витамини тўлиқ қайтарилиши учун 10-12 соат тинч қолдирилади. Ушбу вақт ўтгач, колбадаги суюқлик кичик қатланган фильтр орқали филтрланади. Пробирка ва фильтр 2-3 марта 2-3 мл миқдордаги дистилланган сув билан ювилиши керак. Олинган филтратга 2 мл 2 н HCl солинади ва CO_2 оқими билан H_2S тўлиқ чиқариб юборилиши керак. Филтратни H_2S дан тўлиқ озод этилганлигини сирка кислотали кўрғошин эритмаси билан ҳўлланган фильтр қоғози ёрдамида аниқлаш мумкин. Шундан сўнг, филтрат аскорбат кислотани қайтарилган шаклини аниқлашдаги каби, 2,6 дихлорфенолиндофенол билан титрланади.

Ҳисоблаш. Ҳисоблаш аскорбат кислотасини қайтарилган шаклини аниқлаш формуласи бўйича амалга оширилади. Бунда олинган аниқлаш натижалари маҳсулотдаги умумий биологик фаол С витамини миқдорига (яъни ҳам қайтарилган шакли ва дегидроаскорбат кислота) мос келади.

Дегидроаскорбат кислота миқдори иккала аниқлашларнинг айирмаси бўйича ҳисобланади.

С витамини миқдорини бўялган экстрактларда аниқлаш. Бўялган экстрактлар колориметрик усул билан фотоэлектроколориметрдан фойдаланилган ҳолда тадқиқот қилинади. 10 г сабзавотлар намуна ўлчами ҳовончага жойлаштирилади, 10-20 мл 1 %ли шавел кислотаси солинади ва эзгич ёрдамида эзилади. Олинган экстракт ҳажми 100 мл бўлган ўлчов колбасига ўтказилади (декантация қилинади). Ҳовончадаги қолдиқ устига яна юқоридаги миқдорда кислота солинади, эзгич билан эзилади ва ўша ўлчов колбасига ўтказилади. Бундай операция бир неча марта қайтарилади. Экстракциялаш яқунлангач, ҳовонча ва эзгич кислота билан ювилиб, ҳовончадаги қолдиқ ҳам ўлчов колбасига ўтказилади. Кислота эритмаси билан колбадаги экстракт ҳажми белгисигача етказилади. Колбадаги экстракт яхши аралаштирилади ва конус колбага филтрланади.

Навбатдаги босқичда колориметрлаш учун ишчи эритма тайёрланиши керак. Бунинг учун пипетка билан 10 мл филтрланган экстракт олинади ва у зич бекитиладиган пробка эга бўлган ҳажми 25 мл ли ўлчов цилиндрига ўтказилади. Сўнгра цилиндрга пипетка ёки микробюретка ёрдамида 2 мл. 0,00 н 2,6 дихлорфенолиндофенол эритмаси солинади ва 2 мин ўтгач эса, толуол ва изобутил спиртлари аралашмаси (1:1 нисбатда) дан иборат 10 мл эритувчи ёки хлороформ солинади. Ҳаммаси эҳтиёткорлик билан аралаштирилгач, аралашма қатламларга тўлиқ ажралгунча тинч қолдирилади. Бунда эритувчи оч пушти рангга бўялади.

Параллел равишда назорат эритмаси тайёрланади. Бунинг учун бошқа шундай ўлчов цилиндрига 10 мл 1 %ли шавел кислотаси қуйилади, унга 2 мл 0,001 н 2,6 дихлорфенолиндофенолни натрийли тузи эритмаси ва 10 мл эритувчи қуйилади, аралаштирилади ва кислота ва бўялган эритувчи қатламлари ҳосил бўлгунча тинч қолдирилади.

Фотоэлектроколориметр ёрдамида назорат эритмасини оптик зичлиги (ℓ_1) аниқланади. Бунинг учун пипетка ёрдамида бир қисм бўялган эритувчи

олиниб, ишчи томонлари ўртасидаги масофа 5 мм бўлган кюветкага ўтказилади ва бошқа кюветадаги тоза эритувчига нисбатан колориметрланади. Аниқлаш светофильтрада (тўлқин узунлиги 530) ўтказилади.

Тажриба назорат эритмасини янги порцияси билан такрорланади. Ҳисоблашда икки параллел аниқлашларни ўрта арифметик қиймати олинади.

Ишчи эритмани назорат эритмасига нисбатан оптик зичлиги (ℓ_2) ни аниқлаш учун пипетка билан ишчи эритмадан бир қисм бўялган эритувчи олинади ва кюветага ўтказилади. Бу кювета кюветатутқичидаги эритувчи солинган кювета ўрнига жойлаштирилади. Ишчи эритмани оптик зичлиги қайд қилинади. Тажриба ишчи эритмани янги порцияси билан қайтарилади. Иккита параллел аниқлашларни ўрта арифметик қиймати ҳисоблаш учун олиниши керак.

Хом ва пиширилган (қайнатилган) сабзавотлардаги аскорбот кислотаси миқдори (X , 100 г учун мг да) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = \frac{100 \cdot 2T \cdot 100 \cdot \ell_2}{10 \cdot V \cdot \ell_1},$$

бу ерда: V - таҳлил учун олинган экстракт ҳажми, мл;

ℓ_1 - назорат эритмасини оптик зичлиги;

ℓ_2 - ишчи эритмани оптик зичлиги;

T - таҳлил учун фойдаланилаётган 2,6 дихлорфенолиндофенолни натрийли тузи эритмасини титри.

Бўялган қайнатмалар тадқиқот этилганда зич бекитиладиган пробкага эга бўлган ўлчов цилиндрига 5 мл қайнатма солинади, унга 5 мл 1 %ли шавел кислотаси эритмаси қўшилиб, сўнгра иш экстрактларни тадқиқот этишдаги тартибда давом эттирилади.

Қайнатмадаги аскорбат кислотаси миқдори (X , 100 мл учун мг да) қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$X = \frac{2T \cdot 100 \cdot \ell_2}{V \cdot \ell_1},$$

бу ерда: V - таҳлил учун олинган қайнатма ҳажми, мл;
 ℓ_1 - назорат эритмасини оптик зичлиги;
 ℓ_2 - ишчи эритмани оптик зичлиги;
 T - 2,6 дихлорфенолиндофенолни натрийли тузи эритмасини титри.

Назорат саволлари:

1. *Озиқ-овқат маҳсулотларидаги намликни аниқлаш аҳамияти нимада иборат? Намлик бевосита усулда қандай аниқланади?*
2. *Намликни ўзгармас массагача қуритиш билан аниқлаш моҳиятини ва бажариш тартибини тушунтиринг.*
3. *Намликни бир мартабали қуритиш билан аниқлаш қандай ўтказилади?*
4. *Маҳсулотдаги кул моддасини аниқлаш турларини фарқли томонлари нимадан иборат?*
5. *Кул моддаси маҳсулотдаги қуруқ моддаларга нисбатан қандай ҳисобланади?*
6. *Ош тузини Мор усулида аниқлаш моҳияти ва тартибини тушунтиринг.*
7. *Титрланадиган кислоталик нима? Кислоталикни индикатор иштирокида аниқлаш қандай амалга оширилади?*
8. *Актив кислоталик нима? Уни потенциометрик аниқлаш усули моҳиятини изоҳланг.*
9. *Потенциометрик усулда қандай электродлар ва ўлчов схемалари ишлатилади?*
10. *pH метрда актив кислоталикни аниқлаш тартибини тушунтиринг.*
11. *Кислоталикни электрометрик титрлаш усули моҳияти нимадан иборат?*
12. *Қандлар қандай усулларда аниқланиши мумкин?*

13. Қандларни аниқлашда тадқиқот қилинаётган маҳсулот қандай тайёрланади?
14. Мис оксиди тузлари ишқорий эритмасини қайтаришга асосланган қандларни аниқлаш усули моҳияти нимадан иборат?
15. Қайтарилган мис миқдорига кўра маҳсулотдаги қандлар миқдори қандай ҳисобланади?
16. Қандларни йодометрик аниқлаш усули моҳияти нимадан иборат?
17. Йодометрик усулда таҳлил қандай ўтказилади?
18. Клетчатка нима? Клетчаткани аниқлаш усуллари нимага асосланган?
19. Клетчаткани Кюринер ва Ганек усулида аниқлаш қандай амалга оширилади?
20. Оқсилларни қандай усуллар ёрдамида аниқлаш мумкин?
21. Умумий азотни Кьелдал бўйича аниқлаш усулини моҳияти нимадан иборат?
22. Умумий азотни Кьелдал бўйича аниқлаш қандай босқичлардан иборат?
23. Оқсил миқдорини колориметрик аниқлаш усули нимага асосланган?
24. Маҳсулотдаги “нам” ёғни миқдорий аниқлаш нимага асосланган ва бу мақсадда қандай усуллар ишлатилади?
25. Ёғни Сокслет бўйича аниқлашда тадқиқот қилинаётган материал қандай тайёрланади?
26. Сокслет аппарати қандай тузилган? Уни ишлаши нимадан иборат?
27. Экстракциялаш яқунлангач, эфирни ҳайдаш қандай амалга оширилади?
28. Ёғни кислотали усулда аниқлаш нимага асосланган?
29. Ёғни кислотали усулда аниқлаш қандай тартибда ўтказилади?
30. Витаминлар нима?
31. Аскорбат кислотани миқдорий аниқлаш нимага асосланган?
32. Аскорбат кислотани қайтарилган шакли қандай аниқланади?

33. *С. Витаминини бўялган экстрактларда аниқлаш қандай амалга оширилади?*

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. – Москва, «Брандес» - «Медицина», 1998 г.
2. Митюков А.Д., Руцкий А.В. Оценка качества продуктов питания. Минск, «Ураджай», 1988 г.
3. Полянский К.К., Мохова Е.И. Пищевая химия. Лабораторный практикум. Воронеж, 1998 г.

4. Пищевая химия. Конспект лекций в 2 ч./Нечаев А.П. и др., Москва, МГУПП, 1998 г.
5. Искандаров Т.И., Бабаходжаев Н.К., Ким С.Г. Руководство по лабораторному контролю качества пищи. Ташкент, «Гузал К.ЛТД», 1992. – 157 с.
6. Санитарные нормы безопасности и пищевой ценности продовольственного сырья и продуктов питания. Сан П и Н – 0138-03.
7. Скуратовская О.У. Контроль качества продукции физико-химическими методами. 2 – е изд. перер. и доп.- М.: «ДеЛи принт», 2003. – 128 с.
8. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под. ред. проф. д.т.н. И.М.Скурихина, проф. д.м.н. М.Н.Волгарева, - 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – 224 с.
9. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под. ред. Ю.А.Мачихина. – М.: Агропромиздат. 1990. – 271 с.
10. Брусиловский А.П., Вайнберг А.Д. Приборы технологического контроля в молочной промышленности: Справочник 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.

11. Стандартлар:

Определение влажности: ГОСТ 5900-73, ГОСТ 26808-86, ГОСТ 66872-90, ГОСТ 3626-73, ГОСТ 21094-75, ГОСТ 9408-89, ГОСТ 5900-73, ГОСТ 12570-98, ГОСТ 28561-90.

Определение кислотности: ГОСТ 14252-73, ГОСТ 12788-87, ГОСТ 3624-92, ГОСТ 5670-96, ГОСТ 26971-86, ГОСТ 5898-87.

Определение массовой доли жира: ГОСТ 8756.21-89, ГОСТ 5867-90, 5668-68, ГОСТ 5899-85,.

Определение общего сахара и сахарозы: ГОСТ 13192-73, ГОСТ 3628-78, ГОСТ 5672-68, ГОСТ 5903-89, ГОСТ.

Определение массовой доли золы: ГОСТ 2555.4-91, ГОСТ 27494-87, ГОСТ 12574-93, ГОСТ 28552-90, ГОСТ 5474-66.

Определение хлористого натрия: ГОСТ 3627-81, ГОСТ 9957-73.

МУНДАРИЖА

	Кириш.....	3
1 БОБ	Озиқ-овқат маҳсулотлари сифатини баҳолаш усул ва мезонлари.....	5
1.1.	Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишни асосий усуллари.....	5
1.2.	Озиқ-овқат маҳсулотларини озиқавий ва энергетик қиймати....	7
1.3.	Озиқ-овқат маҳсулотларини хавфсизлиги.....	18
2 БОБ	Озиқ-овқат маҳсулотларини физикавий тадқиқот усуллари.....	30
2.1.	Физикавий ва физико-механикавий хусусиятларини аниқлаш.....	30

2.1.1.	Нисбий зичликни аниқлаш.....	31
2.1.2.	Физико-механикавий хусусиятларини аниқлаш.....	37
2.1.2.1.	Реологияни асосий тушунчалари.....	37
2.1.2.2.	Структура турлари ва реологик хусусиятларни аниқлаш усуллари.....	41
2.1.2.3.	Асосий реологик тавсифларни аниқлаш асбоблари.....	45
2.2.	Поляриметрия асослари.....	59
2.2.1.	Поляриметрик тадқиқот усулини моҳияти.....	59
2.2.2.	Поляризация текислигини бурилиши.....	64
2.2.3.	Поляриметрни схемаси.....	68
2.2.4.	Поляриметрлар.....	70
2.3.	Рефрактометрия асослари.....	78
2.3.1.	Синдириш кўрсаткичи.....	79
2.3.2.	Синдириш кўрсаткичинини аниқлаш.....	83
2.3.3.	Рефрактометрлар.....	86
2.4.	Фотоколориметрия асослари.....	95
2.4.1.	Бўялган бирикмалар эритмаларини асосий оптик хусусиятлари.....	95
2.4.2.	Бўялиш интенсивлигини аниқлаш усуллари.....	103
2.4.3.	Фотоэлектрик колориметрларни асосий турлари.....	117
2.5.	Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот этишни спектрал усуллари.....	133
2.5.1	Абсорбцион спектроскопия.....	133
2.5.2.	Инфракизил спектроскопия.....	140
2.5.3.	Атом-абсорбцион спектроскопия.....	143
2.5.4.	Масс-спектроскопия.....	148
2.5.5.	Озиқ-овқат маҳсулотларини тадқиқот қилишнинг люминесцент усуллари.....	149
2.6.	Хроматография асослари.....	151
2.6.1	Усулни моҳияти ва турлари.....	151
2.6.2.	Газли хроматография.....	154
2.6.3.	Суюқликли хроматография.....	167
2.6.4.	Юпқа қатламли хроматография.....	175
2.6.5.	Колонкали хроматография.....	178
3 БОБ	Озиқ-овқат маҳсулотларини кимёвий тадқиқот усуллари.....	185
3.1.	Озиқ-овқат маҳсулотларини намлигини аниқлаш.....	185
3.1.1.	Намликни бевосита аниқлаш усули.....	186
3.1.2.	Намликни қуритиш йўли билан аниқлаш.....	188
3.2.	Озиқ-овқат маҳсулотларидаги кул моддасини аниқлаш.....	198
3.2.1.	Умумий кул моддаси миқдорини аниқлаш.....	199
3.3.	Ош тузи миқдорини аниқлаш.....	205
3.4.	Кислоталикни аниқлаш.....	206
3.4.1.	Титрланадиган кислоталикни аниқлаш.....	208
3.4.2.	Актив кислоталикни аниқлаш.....	214

3.4.3.	Сутни актив кислоталигини рН 222.2 асбобида аниқлаш.....	227
3.5.	Озиқ-овқат маҳсулотларидаги қандларни аниқлаш.....	234
3.5.1.	Қандларни аниқлаш усуллари таснифи.....	235
3.5.2.	Тадқиқот этилаётган материални таҳлилга тайёрлаш ва экстрактларни тайёрлаш.....	239
3.5.3.	Мис оксиди тузлари ишқорий эритмаларини қайтарилишига асосланган усуллар.....	244
3.5.4.	Глюкозани фруктоза ва шакар иштирокида йодометрик аниқлаш усули.....	253
3.6.	Клетчаткани аниқлаш.....	257
3.6.1.	“Нам” клетчаткани Кюршнер ва Ганак бўйича аниқлаш.....	258
3.7.	Азотли моддаларни аниқлаш.....	260
3.7.1.	Умумий азотни Кьелдал бўйича аниқлаш.....	262
3.7.2.	Оқсил миқдорини колориметрик усулда аниқлаш.....	270
3.8.	Озиқ-овқат маҳсулотларидаги ёғларни аниқлаш.....	274
3.8.1.	Ёғ миқдорини экстракцион аниқлаш усули.....	276
3.8.2.	Ёғни кислотали усул билан аниқлаш.....	280
3.9.	Витаминларни аниқлаш.....	285
3.9.1.	С витаминини (аскорбат кислотаси) миқдорий аниқлаш.....	287
	Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	298