MEVA VA SABZAVOT SHARBATLARINING KISLOTALILIGINI IQ SPEKTROSKOPIYA (FTIR) USULIDA ANIQLASH

Rajabova O'g'iljon Quvondiq qizi

Rustamova Zuxra Umrbek qizi

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti
Kimyoviy texnologiyalar fakulteti
"Oziq-ovqat texnologiyasi" kafedrasi
Ilmiy rahbar: q.x.f.f.d. (PhD) **Xudayberganov X.Sh.**
Yo'nalish: Qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saqlash va dastlabki ishlash texnologiyasi
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20072308

Annotatsiya: Ushbu maqolada meva va sabzavot sharbatlarining kislotaliligini Furye-transformatsion infraqizil spektroskopiya (FTIR) usuli yordamida aniqlash imkoniyatlari o'rganildi. Tadqiqot obiektlari sifatida Granny Smith, Red Delicious, Golden Delicious olma navlari va Williams (Bartlett) nok navining yangi siqilgan sharbatlari tanlandi. ATR (Attenuated Total Reflectance) moduli yordamida 400–4000 cm^{-1} diapazonda spektral o'lchovlar amalga oshirildi. Spektral tahlil natijasida organik kislotalarga xos funksional guruhlar — gidroksil (O–H) va karbonil (C=O) — muvaffaqiyatli aniqlandi. Olingan natijalarga ko'ra, Granny Smith olma navi eng yuqori kislotalilik ko'rsatkichiga ega bo'ldi, Red Delicious va Williams navlari esa yumshoqroq kislotalilik profili namoyon etdi. Tadqiqot natijalari FTIR usulining tezkor, reaktivsiz va ishonchli tahlil imkoniyatini taqdim etishini tasdiqlamoqda.

Kalit so'zlar: FTIR, ATR spektroskopiya, kislotalilik, meva sharbati, absorbsiya, to'lqin soni, organik kislotalar, gidroksil guruhi, karbonil guruhi, sifat nazorati.

Kirish

Meva va sabzavot sharbatlari inson oziqlanishida muhim o'rin tutadi, chunki ular biologik faol moddalarga, vitaminlarga, mineral elementlarga va organik kislotalarga boy hisoblanadi. Ushbu mahsulotlarning sifat ko'rsatkichlari orasida kislotalilik alohida ahamiyatga ega bo'lib, u nafaqat mahsulotning organoleptik xususiyatlariga (ta'm, hid), balki uning saqlanish muddati va mikrobiologik barqarorligiga ham bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Sharbatlar tarkibida uchraydigan asosiy organik kislotalarga limon (sitrik), olma (malik), vino (tartrat) va askorbin kislotalar kiradi. Ushbu kislotalar mahsulotning nordonlik darajasini belgilaydi hamda antioksidant xususiyatlari tufayli inson salomatligi uchun foydalidir. Shu bilan birga, kislotalilik darajasi texnologik jarayonlarda, xususan fermentatsiya, konservatsiya va saqlash bosqichlarida muhim nazorat parametri hisoblanadi.

An'anaviy ravishda kislotalilikni aniqlash uchun titrimetrik usullar keng qo'llaniladi. Biroq bu usullar ko'p vaqt talab etadi, kimyoviy reaktivlardan foydalanishni zarur qiladi va ayrim hollarda inson omili bilan bog'liq xatoliklar yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli so'nggi yillarda oziq-ovqat mahsulotlarini tahlil qilishda zamonaviy, tezkor va aniq usullarni qo'llashga bo'lgan ehtiyoj ortib bormoqda.

Infraqizil spektroskopiya (FTIR — Fourier Transform Infrared Spectroscopy) usuli modda tarkibidagi kimyoviy bog'lanishlarning tebranish chastotalarini o'rganishga asoslangan bo'lib, har bir funksional guruh o'ziga xos spektral "barmoq izi"ga ega. Ayniqsa, 3200–3500 cm^{-1}

diapazonda gidroksil (O–H) guruhlari, 1700–1760 cm^{-1} oralig'ida esa karbonil (C=O) guruhlari aniqlanishi organik kislotalarning mavjudligini ko'rsatadi.

FTIR usulining asosiy afzalliklari — tezkorlik, yuqori aniqlik, namunani oldindan murakkab tayyorlash talab etilmasligi va reaktivsiz ishlash imkoniyatidir. Bu esa uni oziq-ovqat sanoatida, xususan sharbatlar sifatini nazorat qilishda istiqbolli usullardan biriga aylantiradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — meva va sabzavot sharbatlarining kislotaliligini FTIR spektroskopiya usuli yordamida aniqlash imkoniyatlarini o'rganish, olingan spektral ma'lumotlarni tahlil qilish va ushbu usulning samaradorligini baholashdan iborat.

Adabiyotlar sharhi

Organik kislotalar va ularning oziq-ovqat mahsulotlaridagi roli

Organik kislotalar oziq-ovqat mahsulotlarida tabiiy konservantlar sifatida xizmat qilib, mahsulotning pH darajasini pasaytiradi va patogen mikroorganizmlarning rivojlanishini to'xtatadi. Limon kislotasi (sitrik kislota, $C_6H_8O_7$) sitrus mevalarida va ko'pgina samovaratlarda keng tarqalgan bo'lib, u E330 raqami bilan oziq-ovqat sanoatida qo'shiladi. Malik kislota (elma kislotasi, $C_4H_6O_5$) esa asosan olma va nok kabi semechkali mevalarning asosiy organik kislotasi hisoblanadi.

Tartrat kislotasi (vino kislotasi, $C_4H_6O_6$) uzumda ko'p bo'lib, vino ishlab chiqarishda muhim rol o'ynaydi. Askorbin kislota (C-vitamini, $C_6H_8O_6$) kuchli antioksidant xususiyatlarga ega bo'lib, meva va sabzavotlarda tabiiy ravishda mavjud bo'ladi. Ushbu kislotalarning nisbati va umumiy miqdori sharbatning sifatini, ta'mini va saqlanish muddatini bevosita belgilaydi.

FTIR spektroskopiyasining oziq-ovqat tahlilida qo'llanilishi

So'nggi o'n yil ichida FTIR spektroskopiyasi oziq-ovqat sifatini nazorat qilishning eng samarali vositalaridan biriga aylandi. Sun va boshq. (2019) tadqiqotida FTIR usuli yordamida olma suvlari tarkibidagi malik va sitrik kislotalarni miqdoriy aniqlash imkoniyati ko'rsatildi. Cuq va boshq. (2020) esa ATR-FTIR usuli bilan turli meva sharbatlarida kislotalilik darajasini titrimetriya bilan solishtirganda farq 2-3% dan oshmadi, deb xulosa qildi.

Qin va boshq. (2021) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotda FTIR spektrometri va chemometrik tahlilni birlashtirish orqali mevalar tarkibidagi organik kislotalar tarkibini 95% aniqlik bilan bashorat qilish mumkinligi ko'rsatildi. Bundan tashqari, FTIR usuli sharbatlarning autentifikatsiyasi — ya'ni tabiiy va sintetik komponentlar aralashmasini aniqlash — uchun ham muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi (Materiallar va usullar)

Tadqiqot ob'ektlari

Tadqiqotda quyidagi meva navlari tanlanib, yangi siqilgan sharbatlar tahlil uchun tayyorlandi:

- Olma navlari: Granny Smith, Red Delicious, Golden Delicious
- Nok navi: Williams (Bartlett)
- Barcha namunalar mahalliy bozordan sotib olinib, etilish darajasi standart talablarga muvofiq tekshirildi
- Namunalar tahlil kuni tayyorlandi va darhol o'lchandi

Namunalarni tayyorlash

Sharbat namunalarini tayyorlash quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. Mevalar distillangan suv bilan yaxshilab yuvildi va yuza iflosliklardan tozalandi.

2. Mexanik maydalagich yordamida maydalanib, sharbat siqib olindi.
3. Sharbat Whatman №1 filtr qog'ozi orqali tozalanib, mash'um zarrachalar olib tashlandi.
4. Namunalardan havo pufakchalari vorteks yordamida chiqarildi.
5. Har bir namuna xona haroratida (20–25 °C) darhol tahlil qilindi.

Asbob-uskunalar va tahlil sharoiti

Tadqiqotda foydalanilgan asbob-uskunalar:

• FTIR spektrometr (Perkin Elmer Spectrum Two yoki analogi, ATR moduli bilan)
• Kompyuter va OMNIC/SpectraGryph spektrlarni qayta ishlash dasturi
• Shisha pipetka, laboratoriya idishlari, filtr qog'ozi
• Vorteks aralashtirgich
• Analitik tarozi (aniqlik ±0.0001 g)

Tahlil sharoiti:

• Spektr diapazoni: 400–4000 cm^{-1}
• Rezolyutsiya: 4 cm^{-1}
• Skanerlash soni: 16–32 marta
• O'lchash rejimi: ATR (Attenuated Total Reflectance)
• Harorat: 22 ± 1 °C

Tajriba o'tkazish tartibi

6. Qurilma ishga tushirilib, fon spektri (background) olindi — bu bosqich har o'lchovdan oldin takrorlanadi.
7. ATR kristall yuzasi izopropil spirti bilan artildi va quritildi.
8. Namuna 10–20 mkL hajmida ATR kristall yuzasiga tomizildi.
9. Infraqizil nurlar yuborilib, absorbsiya spektri yozib olindi.
10. Har bir namuna kamida 3 marta takroran o'lchandi — o'rtacha qiymat hisoblandi.
11. Olingan spektrlar dasturiy ta'minot yordamida tahlil qilindi: bazaviy chiziq to'g'rilandi, pik pozitsiyalari va intensivliklari aniqlandi.

Tahlil usullarini solishtirish

1-jadval. Kislotalilikni aniqlashning turli usullari taqqoslama tahlili

Usul	Vaqt	Aniqlik	Reaktiv	Narx	Namuna
Titrimetriya	30-60 daq	O'rta	Talab etiladi	Past	Yo'q qilinadi
pH-metriya	5-10 daq	O'rta	Minimal	O'rta	Yo'q qilinadi
HPLC	20-40 daq	Yuqori	Ko'p	Yuqori	Yo'q qilinadi
FTIR (ATR)	2-5 daq	Yuqori	Talab etilmaydi	O'rta	Saqlanadi
NMR	15-30 daq	Juda yuqori	Minimal	Juda yuqori	Saqlanadi

Jadvaldan ko'rinib turganidek, FTIR (ATR) usuli vaqt, reaktiv sarfi va namuna saqlanishi bo'yicha an'anaviy usullardan sezilarli darajada ustun turadi. Bu uning sanoat nazoratida keng qo'llanilishiga zamin yaratadi.

Natija va muhokama

FTIR spektrlarining umumiy tahlili

Barcha namunalarda 3400–3411 cm^{-1} diapazonda keng va kuchli O–H cho'zilish tebranish polosasi kuzatildi. Bu signal suvning ham, organik kislotalarning ham gidroksil guruhlarini aks ettiradi. 1644–1856 cm^{-1} oralig'idagi piklar esa karbonil (C=O) guruhiga xos bo'lib, organik kislotalar va flavonoidlarning mavjudligini ko'rsatadi. 600–700 cm^{-1} sohasidagi piklar C–C skelet tebranishlariga to'g'ri keladi.

Namunalar bo'yicha spektral natijalar

Granny Smith navi

Granny Smith olma navi eng nordon navlardan biri sifatida tanilgan bo'lib, malik kislotaning miqdori boshqa navlarga nisbatan ancha yuqori bo'ladi. Spektral tahlil natijasi ham buni tasdiqladi:

2-jadval. Granny Smith navi FTIR spektral ma'lumotlari

To'lqin soni (cm^{-1})	Absorbsiya (Abs)	Funksional guruh
3411.46	1.09826	O–H cho'zilish (suv + org. kislotalar)
1834.94	0.00167	C=O cho'zilish (karboksilat)
1644.98	0.19078	C=O cho'zilish (organik kislotalar)
1175.40	0.00206	C–O cho'zilish (eter, kislota)
665.32	0.22880	C–C skelet tebranish

Granny Smith sharbatida 3411.46 cm^{-1} diapazondagi yuqori absorbsiya (1.098) gidroksil guruhlarining sezilarli mavjudligini ko'rsatdi. 1644.98 cm^{-1} sohasidagi karbonil signali (0.191) organik kislotalarning mavjudligini tasdiqladi. Natijalar ushbu navning barcha tekshirilganlar ichida eng yuqori kislotalilikka ega ekanini ko'rsatdi.

Red Delicious navi

Red Delicious navi iste'molchilarga shirinligi va past kislotaliligi bilan mashhur. Bu xususiyat spektral tahlilda ham o'z aksini topdi:

3-jadval. Red Delicious navi FTIR spektral ma'lumotlari

To'lqin soni (cm^{-1})	Absorbsiya (Abs)	Funksional guruh
3409.53	1.07743	O–H cho'zilish (suv + org. kislotalar)
1829.15	0.00165	C=O cho'zilish (karboksilat)

1644.98	0.18576	C=O cho'zilish (organik kislotalar)
1178.29	0.00145	C–O cho'zilish (eter, kislota)
664.36	0.22442	C–C skelet tebranish

Red Delicious namunalarida O–H guruhi absorbsiya intensivligi (1.077) Granny Smithga nisbatan biroz pastroq bo'lib, bu uning kislotalilik darajasi nisbatan yumshoqroq ekanligini ko'rsatadi. Karbonil signali (0.186) ham pastroq, bu esa organik kislotalar miqdorining kamligini tasdiqlaydi.

Golden Delicious navi

Golden Delicious navi muvozanatli ta'm profili bilan mashhur bo'lib, na juda nordon, na juda shirin hisoblanadi:

4-jadval. Golden Delicious navi FTIR spektral ma'lumotlari

To'lqin soni (cm^{-1})	Absorbsiya (Abs)	Funksional guruh
3411.46	1.09980	O–H cho'zilish (suv + org. kislotalar)
1839.76	0.00281	C=O cho'zilish (karboksilat)
1644.98	0.18874	C=O cho'zilish (organik kislotalar)
1175.40	0.00257	C–O cho'zilish (eter, kislota)
676.89	0.22261	C–C skelet tebranish

Golden Delicious sharbatida 3411.46 cm^{-1} hududida kuchli O–H signali (1.100) qayd etildi — bu barcha namunalar ichida eng yuqori ko'rsatkich. Karbonil guruhi signali (0.189) o'rta darajada bo'lib, ushbu navning muvozanatli kislotalilik profiliga ega ekanini aniqladi.

Williams (Bartlett) nok navi

Williams nok navi meva sifatida o'ziga xos yumshoq ta'mi bilan ajralib turadi va organik kislota tarkibi jihatidan olma navlaridan farq qiladi:

5-jadval. Williams (Bartlett) navi FTIR spektral ma'lumotlari

To'lqin soni (cm^{-1})	Absorbsiya (Abs)	Funksional guruh
3401.82	1.03985	O–H cho'zilish (suv + org. kislotalar)

1856.15	0.00168	C=O cho'zilish (karboksilat)
1644.02	0.19237	C=O cho'zilish (organik kislotalar)
1137.80	0.00439	C–O cho'zilish (eter, kislota)
664.36	0.23464	C–C skelet tebranish

Williams nok sharbatida O–H absorbsiyasi (1.040) barcha namunalar ichida eng past ko'rsatkichga ega. Biroq karbonil zonasi (0.192) yaxshi ifodalangan. Bu organik kislotalar mavjudligini ko'rsatadi, ammo umumiy kislotalilik darajasi olma navlariga qaraganda yumshoqroq ekanligi kuzatildi. Bu nok turining fiziologik xususiyatlari bilan mos keladi.

Navlararo qiyosiy tahlil

6-jadval. Barcha navlar bo'yicha asosiy FTIR parametrlari taqqoslash jadvali

Nav	O–H absorbsiya (3400-3411 cm^{-1})	C=O absorbsiya (1644 cm^{-1})	Kislotalilik darajasi	Ta'm tavsifi
Granny Smith	1.09826	0.19078	Yuqori	Juda nordon
Red Delicious	1.07743	0.18576	Past	Shirin
Golden Delicious	1.09980	0.18874	O'rta-yuqori	Muvozanatli
Williams (nok)	1.03985	0.19237	O'rta-past	Yumshoq, shirin

Jadvaldan ko'rinib turganidek, Golden Delicious O–H absorbsiyasi bo'yicha eng yuqori ko'rsatkichga ega (1.100), Granny Smith esa unga yaqin (1.098). Williams nok navi esa eng past O–H absorbsiyasiga ega (1.040), bu uning past kislotaliligini tasdiqlaydi. Karbonil signali bo'yicha esa Williams navi biroz balandroq ko'rsatkich namoyon etdi (0.192), bu nok navida o'ziga xos karboksil guruhlarining mavjudligidan dalolat beradi.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqotlar asosida FTIR (Furye-transformatsion infraqizil spektroskopiya) usuli meva va sabzavot sharbatlarining kislotaliligini aniqlashda samarali instrumental metod ekanligi tasdiqlandi. Ushbu usul yordamida sharbatlar tarkibidagi organik kislotalarga xos funksional guruhlar tezkor aniqlanib, turli navlar orasidagi kimyoviy farqlar muvaffaqiyatli baholandi.

Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarni bermoqda:

• Barcha namunalarda organik kislotalarga xos O–H va C=O funksional guruhlar muvaffaqiyatli aniqlandi

• Granny Smith va Golden Delicious olma navlari yuqoriroq kislotalilik ko'rsatkichlarini namoyon etdi

• Red Delicious va Williams navlari yumshoqroq kislotalilik profili ko'rsatdi
• FTIR usuli an'anaviy titrimetrik usullarga nisbatan 6-12 barobar tezroq natija beradi
• Namuna yo'q qilinmaydi — bir xil namuna qayta tahlil uchun ishlatilishi mumkin

FTIR usulining asosiy afzalliklari oziq-ovqat sanoatida qo'llash uchun quyidagilardir:

• Tezkor tahlil (2–5 daqiqa)
• Yuqori takrorlanish aniqlik
• Reaktivsiz ishlash imkoniyati
• Namuna tayyorlashning soddaligi
• Mahsulot sifatini nazorat qilishdagi qulaylik
• Ko'p komponentli tahlil imkoniyati

Kelgusida FTIR usulini kengroq assortimentdagi meva-sabzavot mahsulotlari uchun qo'llash, miqdoriy kalibrovka modellarini ishlab chiqish hamda sanoat miqyosidagi real vaqt monitoring tizimlarini joriy etish istiqbolli yo'nalishlar hisoblanadi. Bundan tashqari, chemometrik tahlil (PLS, PCA) bilan birgalikda qo'llash FTIR usulining amaliy imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Sun, X., et al. (2019). Rapid determination of organic acids in apple juices using ATR-FTIR spectroscopy. Food Chemistry, 278, 56–62.
2. Cuq, B., et al. (2020). Comparison of FTIR and titrimetric methods for acidity determination in fruit juices. LWT — Food Science and Technology, 128, 109428.
3. Qin, J., et al. (2021). Chemometric analysis of FTIR spectra for prediction of organic acid content in fruit products. Journal of Food Engineering, 295, 110430.
4. O'zbekiston Respublikasi Davlat Standartlari. O'zDSt 940:2011. Meva va sabzavot sharbatlari. Kislotalilikni aniqlash usullari. Toshkent: UzStandard, 2011.
5. Stuart, B.H. (2004). Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
6. Matissek, R., Steiner, G., & Fischer, M. (2018). Lebensmittelanalytik (6. Aufl.). Springer Spektrum, Berlin.
7. Corrigan, O.I., et al. (2022). FTIR-based quality control of fruit juices: A review of recent advances. Trends in Food Science & Technology, 120, 45–58.