O‘SIMLIK MOYLARI SIFATINI BAHOLASHNING ZAMONAVIY USULLARI.

Alibekova Mohida

Qo‘qon unversiteti Andijan filiali, Kampyuter injiniringi va raqamli texnologiyalar kafedrasi o‘qituvchisi.

E-mail: alibekovamokhida93@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada o‘simlik moylarini ishlab chiqarish va ularning sifatini baholashda zamonaviy tahlil usullarini qo‘llash masalalari yoritilgan. O‘zbekistonning asosiy yog‘-moy xomashyo bazasini tashkil etuvchi kungaboqar, paxta, zig‘ir, raps va boshqa yog‘li ekinlarning fizik-kimyoviy xususiyatlari (zichlik, pH, sinish koeffitsienti, yopishqoqlik, sirt tarangligi va b.) tahlil qilinadi. Tadqiqotda FTIR, NIR, Raman, floresans spektroskopiya, GC-MS, HPLC va refraktometriya kabi zamonaviy analitik usullar qo‘llanilgan. Bu usullar o‘simlik moylarining tarkibi, sifati, to‘yinmagan yog‘ kislotalari miqdori hamda oksidlanish darajasini tezkor va aniq aniqlash imkonini beradi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, turli usullarni kombinatsiyalash – masalan, FTIR va Raman yoki FTIR va refraktometriyani birgalikda qo‘llash – diagnostika jarayonini tezlashtiradi, energiya sarfini kamaytiradi va mahsulot sifatining barqarorligini ta’minlaydi. Shu bois, o‘simlik moylari sifatini baholashda avtomatlashtirilgan va kombinatsiyalashgan yondashuvlar eng istiqbolli yo‘nalish sifatida tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: o‘simlik moyi, sifat nazorati, FTIR, NIR, Raman, spektroskopiya, GC-MS, HPLC, refraktometriya, avtomatlashtirish, kombinatsiyalashgan usul.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы применения современных методов анализа при производстве и оценке качества растительных масел. Анализируются физико-химические свойства основных масличных культур, составляющих сырьевую базу Узбекистана, таких как подсолнечник, хлопок, лен, рапс и другие (плотность, pH, коэффициент преломления, вязкость, поверхностное натяжение и др.). В исследовании использованы современные аналитические методы, включая FTIR, NIR, Raman, флуоресцентную спектроскопию, GC-MS, HPLC и рефрактометрию. Эти методы позволяют быстро и точно определить состав, качество, содержание ненасыщенных жирных кислот и степень окисления растительных масел. Результаты показывают, что комбинирование различных методов — например, FTIR и Raman или FTIR и рефрактометрии — ускоряет процесс диагностики, снижает энергозатраты и обеспечивает стабильность качества продукции. Поэтому автоматизированные и комбинированные подходы к оценке качества растительных масел рекомендуется считать наиболее перспективным направлением.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: растительное масло, контроль качества, FTIR, NIR, Raman, спектроскопия, GC-MS, HPLC, рефрактометрия, автоматизация, комбинированный метод.

Abstract. This article discusses the application of modern analytical methods in the production and quality assessment of vegetable oils. The study analyzes the physicochemical properties of major oilseed crops that form the raw material base of Uzbekistan—such as sunflower, cotton, flax, rapeseed, and others (density, pH, refractive index, viscosity, surface tension, etc.). Modern analytical techniques including FTIR, NIR, Raman, fluorescence spectroscopy, GC-MS, HPLC, and refractometry were employed in the research. These methods enable rapid and accurate determination of the composition, quality, unsaturated fatty acid content, and oxidation level of vegetable oils. The results show that combining different methods—such as FTIR with Raman or FTIR with refractometry—accelerates the diagnostic process, reduces energy consumption, and ensures product quality stability. Therefore, automated and combined approaches to assessing vegetable oil quality are recommended as the most promising direction.

Keywords: vegetable oil, quality control, FTIR, NIR, Raman, spectroscopy, GC-MS, HPLC, refractometry, automation, combined method.

Kirish

Bozor iqtisodiyoti rivojlanishining hozirgi bosqichida o‘simlik yog‘larini ishlab chiqarish va qayta ishlash mamlakatimiz qishloq xo‘jaligiga bog‘liq oziq-ovqat sanoatining muhim va strategik tarmoqlaridan biriga aylangan bo‘lib, ushbu sohada qayta ishlash quvvatlarini kengaytirish, zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va eksportbop mahsulotlar ishlab chiqarishga katta e’tibor qaratilmoqda . O‘zbekistonda eng yirik yog‘-moy xomashyosi yetishtiriladigan hududlar sifatida Farg‘ona, Andijon, Samarqand, Toshkent, Buxoro va Xorazm viloyatlari ajralib turadi . Ushbu hududlarda kungaboqar, paxta urug‘i, zig‘ir, raps, soya kabi yog‘li ekinlar yetishtiriladi. Hozirda har yili mamlakatimizda o‘rtacha 250–300 ming tonna o‘simlik yog‘i ishlab chiqariladi, 500–600 ming gektar yer maydonida yog‘li ekinlar yetishtiriladi, shuningdek, 60–70 ming tonna zig‘ir va kungaboqar urug‘lari eksport qilinmoqda . O‘simlik yog‘lari nafaqat oziq-ovqatda, balki bioyoqilg‘i, kosmetika, dorivor vositalar va lak-bo‘yoq mahsulotlari ishlab chiqarishda ham keng foydalanilmoqda. Jahondagi tendensiyalarga mos ravishda O‘zbekistonda ham raps va zig‘ir yog‘ini biodizel yoqilg‘isi sifatida ishlatish bo‘yicha tadqiqotlar amalga oshirilmoqda . Hududlarning iqlim sharoiti va yer-suv resurslaridan kelib chiqib, zig‘ir, kungaboqar va raps ekinlari qishloq xo‘jaligida almashlab ekish tizimiga joriy etilmoqda. Bu esa nafaqat xomashyoni ko‘paytirishga, balki o‘simliklarning tuproq unumdorligiga ijobiy ta’siri orqali ekologik barqarorlikni ta’minlashga xizmat qilmoqda [5].Yuqori qo‘shilgan qiymatga ega mahsulotlar ishlab chiqarish –

ISSN 3030-3907

xususan, rafinatsiyalangan, organik va diyetik yog‘lar, shuningdek o‘simlik moylaridan olinadigan kimyoviy komponentlar (tokofyerol, fitosterin va b.) eksport salohiyatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

Metodologiya.

Tahlillarda ko‘rsatiladiki, hozirgi kunda talab katta bo‘lgan o‘simlik moylariga ikki yillik onagra urug‘lari moyi *(Oenothera paradoxa),* Mariyina cherepitsa moyi *(Silybum marianum),* Qovoq urug‘i moyi *(Cucurbita oleo),* Kungaboqar yog‘i, Zaytun moyi, Makkajo‘xori yog‘i, Kastor yog‘i, Hindiston yong‘og‘i yog‘i va Kanola yog‘i, Zig‘ir urug‘i moyi *(Linum usitatissimum L.),* Raps urug‘i moyi *(Camelina silvestris),* Qora sedana urug‘i moyi *(Nigella sativa)misol qilib aytishimiz mumkin. Bu o* ‘simlik moylari bir va ko‘p to‘yinmagan yog‘ kislotalari (MUFA va PUFA) ning tanilgan manbaidir. So‘nggi yillarda to‘yinmagan yog‘ kislotalariga boy bo‘lgan o‘simlik moylariga bo‘lgan talab oshib bormoqda. Bu esa yangi moyli o‘simlik turlarining yetishtirilish va o‘zlashtirilishiga olib kelmoqda. Ushbu ishda quyidagi fizik-kimyoviy xususiyatlar o‘rganildi: zichlik, pH, yorug‘lik sinish koeffitsienti, dinamik qovushqoqlik, ho‘llanish burchagi, sirt tarangligi, rang, hamda antioksidant xossalari. Ushbu parametrlar oddiy va keng foydalaniladigan analitik usullar orqali aniqlanib, moylarning asosiy xususiyatlari va sifatini baholashda muhim indikator bo‘lib xizmat qildi [2,3]. O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy asosiy hususiyatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1- jadval

O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy asosiy hususiyatlari

O‘simlik moyi	*Zichlik [g/cm³]*	*pH*	*Yorug‘lik sinishi*	*Yopishqoqlik [mPa·s]*	*Ho‘llanish burchagi [°]*	*Yuzaki taranglik [N/m]*
Primula (OW)	0.925	7.52	1.476	46.8	38.2	40.1
Mari silyum (OO)	0.918	6.34	1.4715	57.1	40.8	39.6
Qovoq (OD)	0.921	6.11	1.475	57.4	32.0	36.0
Zig‘ir (OL)	0.923	7.51	1.4755	50.6	34.2	36.3
Kamalina (OR)	0.921	6.4	1.475	48.8	30.6	33.7
Qora sedana (OCZ)	0.92	5.63	1.4725	57.2	35.4	38.0
Makkajo‘xori	0.92	6.8	1.4712	47.0	33.5	37.5
Kungaboqar	0.922	6.6	1.474	45.5	35.1	38.5
Paxta	0.924	6.2	1.4728	50.0	31.0	35.8
Yeryong‘oq	0.914	6.5	1.469	44.0	36.2	39.0
Xantal	0.915	6.4	1.4705	46.0	34.5	37.2
Zaytun	0.91	5.8	1.468	42.0	32.8	35.0
Raps	0.916	6.5	1.47	47.5	33.0	36.5

ISSN 3030-3907

Kokos	0.92	7.0	1.448	38.0	28.5	32.0
Palma	0.891	6.9	1.455	39.0	29.0	33.0
Kakao	0.893	6.0	1.456	41.0	31.5	34.2

O‘simlik moylarining fizik-kimyoviy xossalari moyning sifat va iste’molga yaroqlilikning asosiy mezoni bo‘lib, mazkur ko‘rsatkichlarning barqaror va ishonchli nazorati uchun zamonaviy o‘lchash uskunalari va avtomatlashtirilgan tizimlar zarur bo‘lmoqda. Aynan shuning uchun keyingi bo‘limda o‘simlik moylari sifatini baholashda avtomatlashtirish tamoyillarining ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilinadi.

Natija

Oziq - ovqat sanoatida o‘simlik moylarini sifatini baholash samaradorligini oshirishning dolzarb vazifasini hal qilish uchun **tezkor** yoki **chuqur** diagnostika tahlillarini o‘tkazish kerak bo‘ladi. O‘simlik moylarini sifat nazoratidan o‘tkazishda ikkita asosiy laboratoriya va tezkor diagnostika yondashuvini o‘rganish zarur.

Tezkor diagnostika tahlilida qo‘llaniladigan laboratoriya jarayonlarining asosiy qonuniyatlariga ta’sir qiluvchi tarkibiy tahlilning holati o‘simlik moy sifatining asosiy harakteristikasini belgilaydi.

Har bir usul moy sifatini aniqlash tehnalogiyasiga qarab bir-biridan farq qiladi. Usullar ichida Fourier transform infraqizil (FTIR) spektroskopiya usuli eng ko‘p tarqalgan usul hisoblanib, mazkur usulda namunani fizikaviy o‘zgartirmasdan tahlil qilish imkonini beruvchi o‘simlik moylarining tarkibi va sifatini aniqlashda keng qo‘llaniladi. Ushbu usul infraqizil nurlanish va molekulalarning tebranish harakatlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikka asoslangan [4]. FTIR spektroskopiyasi jarayonida 4000–400 sm^{-1} oralig‘idagi infraqizil nurlar moy namunasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi . Molekuladagi kimyoviy bog‘lar nurlanishni o‘ziga xos chastotalarda yutadi, moy tarkibidagi moddalarning mavjudligi, va ularning nisbati aniqlaydi. FTIR usulida tahlil qilish uchun moy namunasi ATR (Attenuated Total Reflectance) texnikasi yordamida to‘g‘ridan-to‘g‘ri kristall sirtiga qo‘yiladi. Infraqizil nur namunaga yuboriladi va undan qaytgan nurlar interferogramma shaklida qayd qilinadi. So‘ngra, ushbu signal matematik ravishda Fourier transformatsiyasiga uchratilib, absorbsiya spektri olinadi. Bu spektrda hosil bo‘lgan cho‘qqilar kimyoviy bog‘larning mavjudligini ko‘rsatadi. Har bir yog‘ turi, uning kimyoviy tarkibi va to‘yinmaganlik darajasiga qarab o‘ziga xos “spektral iz”ga ega bo‘ladi. FTIR yordamida olingan spektrlar asosida moydagi yod soni, to‘yinmagan yog‘ kislotalari ulushi, oksidlanish darajasi, erkin yog‘ kislotalari va boshqa parametrlar aniqlanishi mumkin. Bunday tahlil ko‘pincha **kimyometrik modellash** orqali amalga oshiriladi. Asosiy komponentlar tahlili (PCA), qisman eng kichik kvadratlar regressiyasi (PLS) va

ISSN 3030-3907

diskriminant tahlil (DA) kabi statistik usullar yordamida FTIR spektrlari asosida moy turlari farqlanadi, soxtalashtirish aniqlanadi va sifat baholanadi [5].

NIR (Near-infrared) Raman NIR spektroskopiyasi — bu nurli (kontakt-siz) tahlil usuli bo‘lib, unda o‘simlik moyi namunasiga yaqin infraqizil (700–2500 nm) to‘lqin uzunligidagi nur yo‘naltiriladi. Bu nur moy tarkibidagi molekulalar (C–H, O–H, N–H kabi) bilan o‘zaro ta’sirga kirishib, ma’lum qismini yutadi. Moy o‘z holatida yoki shisha, kvarts yoki plastik idishda to‘g‘ridan-to‘g‘ri tahlil qilinadi [6]. Na’muna yuzasiga nur yo‘naltiriladi va qaytgan yoki yutilgan nurlar spektrometrga yuboriladi. Qurilma maxsus detektor yordamida bu nurlarning intensivligi va to‘lqin uzunligini o‘lchaydi hamda NIR spektrini hosil qiladi. Har bir moy turi, uning kimyoviy tarkibi, namlik darajasi va to‘yinmaganlik xususiyatiga qarab o‘ziga xos spektrga ega bo‘ladi. Tezkor, buzilmaydigan, ekologik xavfsiz va bir vaqtning o‘zida bir nechta parametrni aniqlash imkonini beradi. Moy mahsulotlari sifatini real vaqtda (on-line) nazorat qilishda juda muhimdir Bu hususiyat ushbu usulning afzalligi hisoblanadi. Lekin, ushbu usulda spektrlar ko‘pincha ustma-ust tushadi va ularni aniq tahlil qilish uchun statistik va matematik modellardan foydalanish zarur. Shu sababli, modelni dastlab to‘g‘ri kalibrlash va uni mustahkam validatsiya qilish muhim ahamiyatga ega [7].

Floresan spektroskopiyasi – bu moddalarning molekulalari yorug‘lik nurlanishi ta’sirida qo‘zg‘alib, so‘ngra yana past energiyali holatga qaytayotganda chiqaradigan nurlanishni o‘lchashga asoslangan zamonaviy optik-analitik usuldir. Bu texnologiya yuqori sezuvchanlikka ega bo‘lib, o‘simlik moylari tarkibida mavjud bo‘lgan bioaktiv komponentlarni aniqlash va ularning o‘zgarishini monitoring qilish imkonini beradi. O‘simlik moylari tarkibida mavjud bo‘lgan tokoferollar, polifenollar, karotenoidlar va xlorofill moddalari kuchli floresans xususiyatga ega. Shu bois bu usul aynan ushbu komponentlar miqdorini aniqlashda juda samarali hisoblanadi [8]. Floresans spektridagi chiziqlar intensivligi va ularning joylashuvi orqali o‘simlik moyining oksidlanish darajasi, saqlash muddati davomida yuzaga keladigan degradatsion o‘zgarishlar va aralashmalar aniqlanishi mumkin. Ushbu usul oddiy va tezkor o‘simlik moylarining bioaktiv komponentlarini baholashda samarali usul bo‘lsa-da, u **faqat ma’lum moddalargagina sezgir,** spektrlari **murakkab** va **fotoxavfli,** hamda **modelga bog‘liq** bo‘lishi tufayli har doim ham **mustaqil tahlil vositasi sifatida** yetarli bo‘lmasligi mumkin. Shuning uchun ko‘pincha u **FTIR, NIR yoki Raman** spektroskopiyasi kabi boshqa usullar bilan **kombinatsiyada** qo‘llaniladi [9].

GC-MS — bu gaz xromatografiyasi va mass-spektrometriya asosida ishlovchi tahlil usuli bo‘lib, moddalar tarkibidagi organik birikmalarni aniqlash va tahlil qilishda qo‘llaniladi. Ushbu usulda namuna avval gaz xromatografiyasi orqali ajratiladi, so‘ngra har bir komponent mass-spektrometr orqali tekshiriladi. Usul

ISSN 3030-3907

juda aniq natija beradi, biroq yuqori texnologiyali uskunalar, malakali mutaxassis va katta moliyaviy xarajat talab etiladi. Shunga qaramasdan, GC-MS turli xil oziq-ovqat, dori va atir mahsulotlarining tarkibini tahlil qilishda eng ishonchli va keng qo‘llaniladigan usul hisoblanadi [10].

HPLC bu moddalarning kimyoviy tarkibini aniqlash va ularni ajratish uchun mo‘ljallangan xromatografik usul bo‘lib, u yuqori bosim ostida suyuqlik tashuvchi faza orqali namunani maxsus kolonnadan o‘tkazishga asoslangan. Kolonnadagi adsorbent modda namunadagi komponentlarni ularning fizik-kimyoviy xossalariga ko‘ra ajratadi. Bu usul odatda o‘simlik ekstraktlari, dorivor moddalar, oziq-ovqat va atirlar tarkibini chuqur tahlil qilishda qo‘llaniladi. HPLC usulida yuqori aniqlik, qayta aniqlash imkoniyati va avtomatlashtirish mavjud bo‘lishiga qaramay, u murakkab qurilma, yuqori xarajat va tajribali mutaxassis talab qilishi bilan ajralib turadi [11].

Refraktometriya bu suyuqliklarning yoki eritmalarning optik zichligini aniqlashga asoslangan analitik usul bo‘lib, moddaning yorug‘lik sindirish (sinish) ko‘rsatkichini (refraksiya indeksini) o‘lchash orqali amalga oshiriladi. Yorug‘lik modda sirtidan o‘tganda sinadi, va bu sindirish burchagi moddaning konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘ladi. Refraktometr yordamida o‘lchov tez, oddiy va noinvaziv tarzda bajariladi. Ushbu usul shakar eritmalari, yog‘lar, ichimliklar va boshqa suyuqlik mahsulotlarining sifatini baholashda keng qo‘llaniladi. Biroq, refraktometriya faqat optik jihatdan tiniq va bir jinsli namunalar uchun mos bo‘lib, tarkibida qattiq zarrachalar yoki ko‘p komponentli aralashmalar bo‘lsa, aniqlik pasayishi mumkin [12].

Muhokama

FTIR, Raman va NIR spektroskopiyalari moddalarning molekulyar tuzilmasi va kimyoviy bog‘larini tahlil qilib, tezkor, kontaktsiz va ekologik xavfsiz bo‘lib, yuqori aniqlikka ega natijalar berishi uchun to‘g‘ri statistik modellashtirish va kalibrlash muhimdir. **GC-MS va HPLC xromatografik usullari** murakkab aralashmalardagi komponentlarni ajratish va aniqlashda eng ishonchli texnologiyalar hisoblanib, molekulyar darajada aniqlik , suyuqlik fazasida komponentlarni bosim ostida ajratadi, yuqori aniqlikda ishlay oladi, ammo murakkab qurilmalar va malakali mutaxassis talab qiladi. **Refraktometriya usuli** moddaning yorug‘lik sindirish koeffitsientiga asoslanib, suyuqliklarning tozaligi va sifatini aniqlaydi. Bu usul oddiy, arzon va tezkor bo‘lib, ishlab chiqarish jarayonida operativ nazorat uchun qulay.

Xulosa

Yuqorida keltirilgan sifat nazorati usullari o‘zining qator afzalliklariga qaramasdan ma’lum kamchiliklarga ega bo‘lmoqda. Shuni inobatga olib hozirgi vaqtda turli sifat nazorati usullarini o‘zida birlashtirgan kombinatsiyalashgan

ISSN 3030-3907

nazorat usullari ishlab chiqilmoqda va rivojlanmoqda. Masalan, **FTIR usuli** va **Raman spektroskopiyasi, FTIR va** Refraktometriya **yordamida sifat nazorat usullari bilan birgalikda qo‘llash mumkin. Kombinatsiyalashgan usullarni qo‘llash** diagnostika jarayonini sezilarli tezlashtirib beradi, istemol qilayotgan energiyani tejaydi, jarayon boshqarishni yanada moslashuvchan ko‘rinishiga ega bo‘linadi, maxsulotning ahamiyatli xususiyatlari juda yaxshi saqlanib qoladi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR.

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi PF-4947-son «O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risidagi» Farmoni.

2. Wiktoria Kamińska, GrażYna Neunert, Maciej JarzęBski. Analiza właściwości fizykochemicznych i charakterystyka spektrofotometryczna wybranych olejów roślinnych. Żywność. Nauka. Technologia. JAKOŚĆ, 2024, 31, 1 (138), 113 – 133. https://doi.org/10.15193/zntj/2024/138/490 .

3. N. M. Essien, O. E. Ofem andS. C.Bassey. Comparative Physical Characterization, Physio-Chemical and Fatty Acid Composition of Some Edible Vegetable Oils. Journal of Advances in Biology & Biotechnology1(1): 30-39, 2014; https://doi.org/10.9734/JABB/2014/12489 .

4. Leandro S. Herculano , Gustavo V.B. Lukasievicz a, Elizandra Sehn a, Alex S. Torquato b, Marcos P. Belançon c, Elton Savi d, Newller M. Kimura d, Luis C. Malacarne d, Mauro L. Baesso d, Nelson G.C. Astrath d The correlation of physicochemical properties of edible vegetable oils by chemometric analysis of spectroscopic data. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy Volume 245, 15 January 2021, 118877. https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118877 .

5. Shyju Bhaskar, K. Spandana, K. K. Mahato, N. Mazumder. Purity Analysis of Adulterated Vegetable Oils by Raman and FTIR Spectroscopy. OSA Technical Digest (Optica Publishing Group, 2018),paper JW4A.121. https://doi.org/10.1364/FIO.2018.JW4A.121 .

6. C. Jiménez-Sanchidrián, J. Ruiz. Use of Raman spectroscopy for analyzing edible vegetable oils. Applied Spectroscopy Reviews Volume 51, 2016 - Issue 5. https://doi.org/10.1080/05704928.2016.1141292 .

7. Rohman, Y. Che Man. Application of FTIR Spectroscopy for Monitoring the Stabilities of Selected Vegetable Oils During Thermal Oxidation. International Journal of Food Properties Volume 16, 2013 - Issue 7. https://doi.org/10.1080/10942912.2011.603874 .

8. X. Li, Liangxiao Zhang, Yong Zhang, Du Wang, Xuefang Wang, Li Yu, Wen Zhang, Peiwu Li. Review of NIR spectroscopy methods for nondestructive quality

ISSN 3030-3907

analysis of oilseeds and edible oils.Trends in Food Science & Technology Volume 101, July 2020, Pages 172-181 https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.002 .
9. Bunaciu, H. Aboul-Enein, V. D. Hoang. Edible oil analysis. Vibrational Spectroscopy Applications in Biomedical, Pharmaceutical and Food Sciences. 2020, Pages 167-187 https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818827-9.00009-3 .
10. Y. Gilbert, Mbesse Kongbonga, H. Ghalila, M. Onana, Y. Majdi, Z. B. Lakhdar, H. Mezlini, S. Sevestre-Ghalila. Characterization of Vegetable Oils by Fluorescence Spectroscopy. Food and Nutrition Sciences, 2011, 2, 692-699 https://doi.org/10.4236/FNS.2011.27095 .
11. Yueming Zheng, F. Feng, Wei Guo, X. Chu, Jiarong Pan, W. Jia Determination of fatty acids in vegetable oils using comprehensive two-dimensional gas chromatography coupled to quadropole mass spectrometry. Chinese journal of chromatography 18 September 2013 https://doi.org/10.3724/SP.J.1123.2012.06041
12. Supriya Rayudu. An exploration of high-performance liquid chromatography. International journal of scientific research. Volume - 12 Issue - 08 August - 2023 PRINT ISSN No. 2277 - 8179 https://doi.org/10.36106/ijsr/0908831