UDK 664.35

SALOMAS YOG‘ KISLOTALARI TARKIBI VA TRANS-YOG‘ XAVFSIZLIGINI GAZ XROMATOGRAFIYASI ASOSIDA BAHOLASH”

O‘rinova Shaxnoza Amin Qizi
Toshkent kimyo-texnologiya instituti, “Funksional mahsulotlar texnologiyasi” kafedrasi doktoranti
E-mail: orinovashaxnoza9@gmail.com
Achilova Sanobar Sabirovna
Urganch Davlat Universiteti, “Oziq-ovqat texnologiyasi” kafedrasi dotsenti
E-mail: sanobarachilova46@gmail.com
Bobojonova Shohista Xolboy qizi
Urganch Davlat Universiteti “Oziq-ovqat texnologiyasi” kafedrasi stajyor-o‘qituvchi
E-mail: shohista7177@gmail.com
Narimonova Asaloy Umrbek qizi
Urganch Davlat Universiteti, “Oziq-ovqat texnologiyasi” kafedrasi magistranti
E-mail: narimonovaasaloy@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada paxta moyidan gidrogenlash orqali olingan salomasning yog‘ kislotalari tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlari tahlil qilindi. Gaz xromatografiyasi usuli yordamida palmitin (C16:0) va stearin (C18:0) kislotalarining yuqori ulushi aniqlanib, ular salomasning qattiq konsistensiyasi va oksidlanishga chidamliligini ta’minlashi qayd etildi. Gidrogenlash jarayonida linol (C18:2) va linolen (C18:3) kislotalari kamayib, olein (C18:1) va stearin (C18:0) miqdori ortgani kuzatildi. Bu o‘zgarishlar salomasning saqlanish muddatini va barqarorligini oshirdi. Paxta moyi va palmitin aralashmasidan olingan salomaslarda trans-izomerlar an’anaviy usullardagidan sezilarli darajada kam bo‘lib, bu inson salomatligi uchun muhim afzallikdir. Tadqiqot natijalari salomasni margarin, qandolat yog‘lari hamda boshqa mahsulotlar uchun istiqbolli xomashyo sifatida ko‘rsatdi

Kalit so‘zlar. salomas, yog‘ kislotalari, gaz xromatografiyasi, gidrogenlash, palmitin kislotasi, stearin kislotasi, olein kislotasi, linol kislotasi, trans yog‘lar

Аннотация. В данной статье проанализирован жирнокислотный состав и физико-химические свойства саломаса, полученного путем гидрогенизации хлопкового масла. С помощью газовой хроматографии выявлено высокое содержание пальмитиновой (C16:0) и стеариновой (C18:0) кислот, обеспечивающих твердую консистенцию и устойчивость саломаса к окислению. Установлено, что в процессе гидрогенизации уменьшается количество линолевой (C18:2) и линоленовой (C18:3) кислот, тогда как

ISSN 3030-3907

содержание олеиновой (C18:1) и стеариновой (C18:0) возрастает. Эти изменения способствуют увеличению срока хранения и стабильности продукта. В саломасах, полученных из смеси хлопкового масла и пальмитина, содержание транс-изомеров значительно ниже по сравнению с традиционными продуктами, что является важным преимуществом для здоровья человека. Результаты исследования показали, что саломас является перспективным сырьем для производства маргарина, кондитерских жиров и других жировых продуктов.

Ключевые слова. саломас, жирные кислоты, газовая хроматография, гидрогенизация, пальмитиновая кислота, стеариновая кислота, олеиновая кислота, линолевая кислота, транс-жиры

Abstract. This article analyzes the fatty acid composition and physicochemical properties of salomas obtained by hydrogenating cottonseed oil. Gas chromatography revealed a high content of palmitic (C16:0) and stearic (C18:0) acids, which provide a solid consistency and oxidative stability of the salomas. During hydrogenation, the levels of linoleic (C18:2) and linolenic (C18:3) acids decreased, while the amounts of oleic (C18:1) and stearic (C18:0) acids increased. These changes improved the storage stability and shelf life of the product. Salomas produced from mixtures of cottonseed oil and palmitin contained significantly fewer trans-isomers compared to those obtained by conventional methods, which is a major advantage for human health. The study results demonstrated that salomas is a promising raw material for the production of margarine, confectionery fats, and other fat-based products.

Keywords. Salomas, fatty acids, gas chromatography, hydrogenation, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, trans fats

Kirish

Yog‘larning tashkil etuvchi kislotalar soni 30 dan ortiq bo‘lsa ham, yog‘ tarkibida doimo uchraydigan kislotalar soni asosan 8 tadan oshmaydi. Yog‘ kislotalari tarkibiga ko‘ra yog‘lar to‘yingan, to‘yinmagan, mono to‘yinmagan, polito‘yinmagan, gidrogenezlangan turlarga bo‘linadi. To‘yingan yog‘larda yog‘ kislotalarining molekulalari vodorod atomlari bilan to‘liq ta’minlangan bo‘lsa, to‘yinmaganlarida bo‘sh joylar bo‘lib, ularga qo‘shimcha vodorodlar birikib olishi mumkin. Ushbu bo‘sh joylar bitta bo‘lsa bunday yog‘ kislotalari monoto‘yinmagan, ikkita va undan ziyod bo‘lsa polito‘yinmagan deyiladi. To‘yinmagan yog‘ kislotali yog‘larga asosan o‘simlik yog‘lari kirib, suyuq (xona haroratida erigan) holda bo‘ladi. Masalan, kungaboqar, zaytun, paxta chigiti, soya yog‘lari tarkibida yog‘ kislotalarining miqdori 75-90 foizgacha bo‘ladi. Palma, kakao yog‘lari hamda barcha hayvon yog‘lari (qo‘y, qoramol) o‘z tarkibida ko‘pi

ISSN 3030-3907

bilan 40-50 foiz to‘yinmagan yog‘ kislotalari saqlaydi va quyuq (xona harorati sharoitida ham qotgan) holda bo‘ladi.[1]

To‘yinmagan yog‘ kislotalari o‘simlik yog‘lari tarkibida qancha ko‘p bo‘lsa bunday yog‘lar uzoq saqlanmaydi, ochiq havoda turib qolsa achchiq bo‘lib iste’molga yaramay qoladi. Shuning uchun bunday yog‘larni quyosh nuri tushmaydigan og‘zi yopiq idishlarda uncha uzoq bo‘lmagan muddatda saqlash mumkin. To‘yinmagan yog‘larning bu kamchiligi ulardan davomli muddatda foydalanish imkoniyatini yo‘qotadi. Ularning ushbu xususiyatini bartaraf qilishda yog‘larni gidrogenizatsiyalash (vodorod bilan to‘yintirish) texnologiyasi qo‘l keladi. Shu usul bilan to‘yinmagan yog‘ kislotasining erkin qo‘llari vodorod atomini biriktirib oladi va kislorod ta’siriga chidamli bo‘lgan uzoq vaqt saqlanadigan qattiq yog‘ga yoki salomasga aylanadi.[2]

Salomas sanoatda suyuq o‘simlik yog‘larini gidrogenizatsiya qilish yo‘li bilan olinadigan qattiq yog‘dir. Uning oziq-ovqat mahsulotlari hamda texnikaviy turlari mavjud. Bunday yog‘lardan margarin hamda konditer mahsulotlari, har xil pishiriqlar tayyorlashda keng ko‘lamda uzoq muddatda foydalanish imkoniyati yuzaga keldi. Shu yo‘l bilan margarinlardan davomli muddatda foydalanish, xuddi sariyog‘ kabi nonga surtib iste’mol qilish yoki har xil taomlar tayyorlashda foydalanish imkoniyatlari ochildi. Ushbu holat shahar va qishloqlarda ko‘pchilikka ma’qul kelib (asosan hayvon yog‘lariga qaraganda arzonligi uchun) kundalik hayotda keng ko‘lamda ishlatila boshlandi. Gidrogenizatsiya yo‘li bilan yog‘ olishni birinchi bo‘lib fransuz kimyogari Pol Sabatye ixtiro qilgan. U 1897 yili ushbu usul bilan suyuq moddalardan qattiqlashgan substansiya olish mumkinligiga asos soldi. P.Sabatyening ushbu ixtirosi 1912 yili xalqaro Nobel mukofoti bilan taqdirlangan. Gidrogenizatsiya usuli bilan bevosita suyuq o‘simlik yog‘laridan qattiq yog‘ olishni birinchi bo‘lib nemis kimyogari V.Normon amalga oshirdi. Ma’lumki yog‘lar o‘simliklarning asosan urug‘larida ba’zi birlarining esa mevasi yoki tana po‘stlog‘ida bo‘lgan urug‘lariga yog‘li urug‘lar deb aytiladi. Bunday urug‘lar yog‘-moy sanoati uchun asosiy xom-ashyo hisoblanadi. Bularga misol qilib quyidagilarni keltirish mumin.[3]

1-jadval

Yog‘-moy sanoati uchun asosiy xom-ashyo

O‘simlik moylarining nomlanishi	**C12:0**	**C14:0**	**C16:0**	**C16:1**	**C18:0**	**C18:1**	**C18:2**	**C18:3**	**C20:0**
Paxta	–	0,7	24,3	0,4	2,6	18,9	52,4	0,2	0,4

ISSN 3030-3907

Soya	0,1	0,1	10,2	0,2	5,4	27,5	49,2	6,4	0,8
kungaboqar	–	0,2	6,7	0,1	4,2	28,7	59,5	0,2	0,3
Maxsar	–	0,1	5,8	0,1	2,8	15,4	75,3	0,1	0,3
Zaytun	–	0,2	12,0	1,5	2,0	70,0	10,0	0,7	0,5

O‘simlik moylari inson salomatligi va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. Ularning orasida paxta moyi keng tarqalgan, arzon va yuqori biologik qiymatga ega xomashyo sifatida alohida ahamiyat kasb etadi. Paxta moyi tarkibida **linol kislotasi (C18:2) 51–58 %**, **olein kislotasi (C18:1) 18–23 %**, **palmitin kislotasi (C16:0) 21–24 %** miqdorda mavjud bo‘lib, uning yog‘ kislotalari tarkibi ishlab chiqarish texnologiyasi va rafinatsiya darajasiga kuchli bog‘liqdir [4].

Paxta moyini gidrogenlash natijasida olinadigan salomas margarin, qandolat yog‘lari, spred va boshqa yog‘-moy mahsulotlari ishlab chiqarishda muhim xomashyo hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, gidrogenlash jarayonida linol va linolen kislotalari miqdori kamayib, palmitin va stearin kislotalari ulushi ortadi, natijada salomasning erish harorati va barqarorligi oshadi. Trans-yog‘ izomerlarini minimallashtirgan holda, paxta moyidan olingan salomas margarin ishlab chiqarishda yuqori sifatli alternativ xomashyo sifatida e’tirof etilgan [5].

Biroq qisman gidrogenlash jarayonida hosil bo‘ladigan **trans-yog‘ kislotalari** sog‘liq uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Ular yurak-qon tomir kasalliklari rivojlanish xavfini oshiradi, qonda (“yomon”) xolesterin darajasini ko‘taradi va (“yaxshi”) xolesterin miqdorini kamaytiradi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti trans-yog‘ iste’molini umumiy energiya sarfining **≤1 %** darajasida cheklashni qat’iy tavsiya etadi [6].

Paxta moyining yog‘ kislotalari tarkibi va ularning genetik boshqaruvi masalasi bir qator ilmiy manbalarda keng o‘rganilgan.

Ma va boshqalar o‘z tadqiqotlarida paxta urug‘ida yog‘ kislotalari tarkibini tartibga soluvchi gen tarmog‘ini o‘rgangan. BMC Plant Biology jurnalida chop etilgan ushbu maqolada paxta moyidagi asosiy yog‘ kislotalari — olein (C18:1n-9), linoleik (C18:2), palmitin (C16:0) va stearin (C18:0) miqdorlari va ularning genetik boshqaruvi batafsil yoritilgan. Tadqiqotda 15 mingdan ortiq farqlanuvchi genlar (DEGs) aniqlanib, ular yog‘ kislotalari biosintezi va nazoratida muhim rol o‘ynashi qayd etilgan [7].

Wang va hammualliflar tomonidan chop etilgan maqolada esa turli geografik hududlarda olingan paxta moylarining yog‘ kislotalari tarkibi taqqoslangan. Natijalarga ko‘ra, linol va olein kislotalarining foiz ulushi hududiy

ISSN 3030-3907

omillarga qarab farq qiladi. Bu esa paxta moyi sifat ko‘rsatkichlari nafaqat biologik, balki agroklimatik sharoitlarga ham bog‘liqligini ko‘rsatadi [8].

Ibrahim va boshqalar uch xil paxta genotipi asosida paxta moyining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari va yog‘ kislota tarkibini o‘rganib chiqqan. Ularning tadqiqotlari paxta moyida to‘yinmagan kislotalar ustun ekanligini va moyning fizik-kimyoviy xususiyatlari genotipdan genotipga sezilarli darajada farq qilishini ko‘rsatgan. Bu esa seleksiya jarayonida yog‘ sifatini yaxshilash uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [9].

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti esa trans-yog‘ kislotalarining sog‘liq uchun xavfini ilmiy asoslagan. Trans-yog‘lar yurak-qon tomir kasalliklari xavfini oshirishi, “yomon” xolesterin (LDL) darajasini ko‘tarib, “yaxshi” xolesterin (HDL) darajasini kamaytirishi aniqlangan. Shu sababli, WHO global miqyosda trans-yog‘larni oziq-ovqat ishlab chiqarishdan butunlay chiqarib tashlash yoki ularni umumiy energiya iste’molining **≤1 %** miqdorida cheklashni tavsiya qiladi [10].

Shu bois, paxta moyidan olingan salomasning yog‘ kislotalari tarkibini chuqur o‘rganish, uning to‘yingan va to‘yinmagan fraksiyalar nisbatini baholash nafaqat yog‘-moy sanoati uchun, balki oziq-ovqat xavfsizligi va xalq salomatligini ta’minlashda ham dolzarb vazifa hisoblanadi.

Gidrogenlash — o‘simlik moylari va hayvon yog‘larini kimyoviy qayta ishlashning muhim jarayonlaridan biri bo‘lib, uning natijasida moy tarkibidagi to‘yinmagan yog‘ kislotalarining qo‘shbog‘lariga vodorod qo‘shilib, to‘yingan kislotalar hosil bo‘ladi. Bu jarayon yog‘larning fizik-kimyoviy xususiyatlarini (qattiqlik, erish harorati, oksidlanishga chidamlilik) yaxshilaydi va saqlash muddatini uzaytiradi. Shuning uchun gidrogenlangan yog‘lar margarin, spred, qandolat yog‘lari, sovun va boshqa sanoat mahsulotlari ishlab chiqarishda keng qo‘llanadi.

Biroq, qisman gidrogenlash jarayonida yog‘ kislotalarining geometrik izomerlari — trans-yog‘ kislotalari hosil bo‘ladi. Ularning sog‘liq uchun zararli ta’siri ilmiy jihatdan isbotlangan. Xususan, trans-yog‘lar qonda LDL (“yomon” xolesterin) miqdorini oshirib, **HDL (“yaxshi” xolesterin)**ni kamaytiradi. Bu esa ateroskleroz, yurak-qon tomir kasalliklari va boshqa metabolik buzilishlar xavfini kuchaytiradi [11,12].

So‘nggi tadqiqotlarda trans-yog‘larning immun tizim va yallig‘lanish jarayonlariga ham salbiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, trans-yog‘lar organizmda yallig‘lanish jarayonini kuchaytiradi, IL-6 va TNF-α kabi markerlarning miqdorini ko‘taradi. Bundan tashqari, ular glyukoza almashinuviga salbiy ta’sir ko‘rsatib, insulin sezgirligini pasaytiradi. [13,14].

ISSN 3030-3907

Turli mamlakatlarda amalga oshirilgan monitoring tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, margarin, yog‘ spredlari va boshqa mahsulotlarda trans-yog‘ miqdori so‘nggi o‘n yilliklarda keskin kamaygan. Masalan, Yaponiyada olib borilgan tadqiqotlarda trans-yog‘ kislotalarining miqdori 2000-yillarga nisbatan 2020-yillarda deyarli yarmiga tushgan [15]. Bu esa xalqaro tashkilotlar, jumladan Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti tomonidan olib borilgan siyosat va tavsiyalar samaradorligini ko‘rsatadi. JSST trans-yog‘ iste’molini umumiy energiya miqdorining ≤1 % gacha cheklashni qat’iy tavsiya qilgan [10].

Shunday qilib, gidrogenlangan yog‘lar texnologik afzalliklarga ega bo‘lsa-da, ular tarkibida trans-yog‘ kislotalari hosil bo‘lishi inson salomatligi uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Shu sababli, bugungi kunda gidrogenlangan yog‘larni pereesterifikatsiya qilingan yoki trans-yog‘siz alternativalarga almashtirish tendensiyasi kuchayib bormoqda.

TADQIQOT OBYEKTI VA USULLARI

1-tajriba

Namuna olish. Tadqiqot uchun rafinatsiyalangan paxta yog‘idan gidrogenlash va modifikatsiyalangan natriy silikat bilan rafinatsiyalash jarayoni orqali olingan salomas namunalari ishlatildi.

Namuna tayyorlash. Yog‘ kislotalari tarkibini aniqlash uchun salomas metanol bilan esterifikatsiya qilinib, yog‘ kislotalarining metil efirlari hosil qilindi..

Gaz xromatografiyasi sharoitlari. Yog‘ kislotalari metil efirlari tarkibi gaz xromatografiyasi (GC-FID) usuli yordamida tahlil qilindi. Tahlil Nexis GC-2030 gaz xromatografi (Nexis Technologies, Japan) da amalga oshirildi. Tashuvchi gaz sifatida geliy (99,999%) ishlatildi. Ajratish uchun kapillyar kolonka (DB-23, 60 m × 0,25 mm × 0,25 μm) qo‘llanildi. Harorat dasturi quyidagicha edi: dastlabki harorat 160 °C da 2 daqiqa ushlab turildi, so‘ngra harorat har daqiqada 4 °C tezlikda 230 °C gacha ko‘tarildi va 15 daqiqa davomida ushlab turildi. Inyektor harorati 250 °C, detektor (FID) harorati esa 260 °C da o‘rnatildi. Inyeksiya hajmi 1 μL bo‘lib, split rejimida (1:50) kiritildi.

Standartlar. Yog‘ kislotalari aniqlashda quyidagi standart metil efirlar qo‘llanildi: C16:0 (palmitin kislotasi), C18:0 (stearin kislotasi), C18:1 (olein kislotasi), C18:2 (linoleik kislotasi), C18:3 (linolen kislotasi). Aniqlash natijalari standartlarning ushlab turilish vaqtiga taqqoslash orqali identifikatsiya qilindi

Natija va muhokama

Xromatografik tahlil natijalariga ko‘ra, salomasning asosiy yog‘ kislotalari quyidagicha aniqlandi:

ISSN 3030-3907

2-jadval

Salomasning yog‘ kislota tarkibi

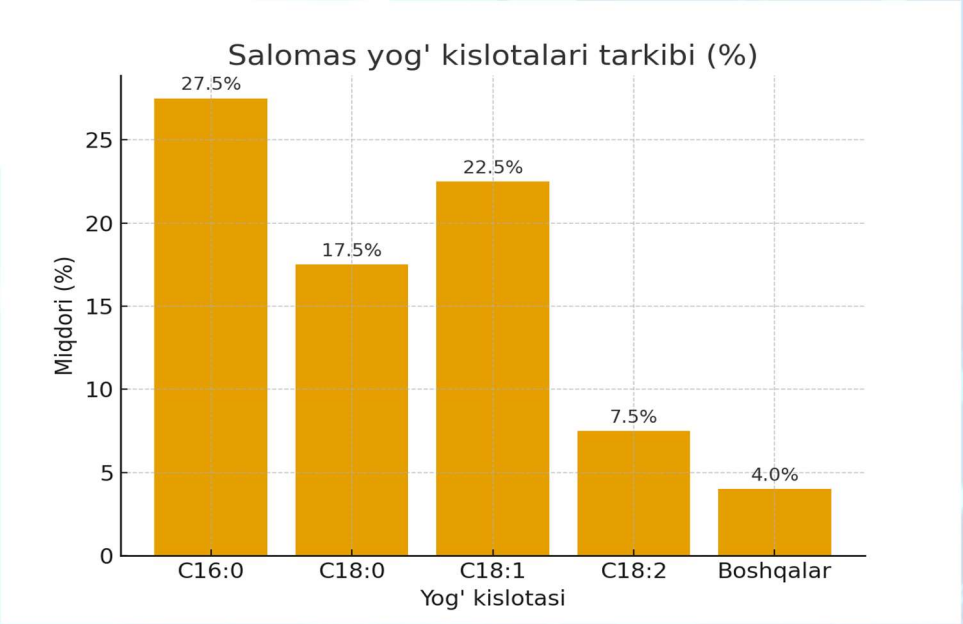
Yog‘ kislotasi	Belgilanashi	Miqdori (%)
Palmitin kislotasi	C16:0	25–30
Stearin kislotasi	C18:0	15–20
Olein kislotasi	C18:1	20–25
Linol kislotasi	C18:2	2–3
Boshqalar	-	3–5

To‘yingan yog‘ kislotalari (C16:0 + C18:0): 40–50 %

-To‘yinmagan yog‘ kislotalari (C18:1 + C18:2): 25–35 %

Ushbu nisbat salomasning qattiqligini oshiradi va erish haroratini 38–45 °C oralig‘ida bo‘lishini ta’minlaydi. Shuningdek, gidrogenlash jarayonida linol va linolen kislotasi miqdori kamayib, olein va stearin kislotasi ulushi oshadi. Bu esa trans-izomerlarning hosil bo‘lishiga ham olib keladi.

Quyidagi diagrammada salomasning asosiy yog‘ kislotalari foiz tarkibi ko‘rsatilgan:



1-grafik. Salomas yog‘ kislota tarkibi

2-tajriba

Salomasning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari aniqlandi Kislotalik son titrometriya usulida, qotish harorati differensial termoanaliz usulida, qovushqoqlik Kaminskiy bo‘yicha aniqlandi.

ISSN 3030-3907

3-jadval

Salomasning fizik kimyoviy ko‘rsatkichi

Ko‘rsatkichlar	Qiymati (o‘rtacha)
Eritilish harorati, °C	35-38
Qattiqlil ko‘rsatkichi(SFI, %)	65-70
Yod soni g12/100g	40-55
Kislota soni mg KOH/g	0,6
Peroksid , mmol02/kg	2,0
Sinish ko‘rsatkichi (40 °C da)	1,460-1,465
Rang ko‘rsatkichi	oqish -och sariq

Salomasning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari o‘rganildi va natijalar 3-jadvalda keltirilgan. Tadqiqot ma’lumotlariga ko‘ra, salomasning eritilish harorati 35-38 °C oralig‘ida bo‘lib, bu uning qattiq konsistensiyaga ega ekanidan dalolat beradi. Qattiqlik ko‘rsatkichi 65–70 % ni tashkil etib, mahsulotning texnologik barqarorligini ta’minlaydi. Yod sonining 40–55 g12/100 g diapazonida bo‘lishi yog‘ tarkibidagi to‘yinmagan kislotalar darajasining kamayganini ko‘rsatadi. Kislota sonining pastligi (0,6 mg KOH/g) yog‘ning sifatli ekanini bildiradi. Peroksid soni 2,0 mmol O_2/kg bo‘lib, salomas oksidlanishga chidamli va uzoq muddat saqlanish xususiyatiga ega ekanini tasdiqlaydi. Sinish ko‘rsatkichi (1,460–1,465) yog‘ tarkibining o‘ziga xos optik xususiyatlarini belgilaydi. Rang ko‘rsatkichi esa oqishdan och sariqqacha bo‘lib, mahsulotning tozaligi va sanoatda qo‘llash uchun yaroqliligidan darak beradi.

Xulosa

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida paxta moyidan gidrogenlash yo‘li bilan olingan salomasning yog‘ kislotalari tarkibi hamda fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari o‘rganildi. Xromatografik tahlillar shuni ko‘rsatdiki, salomas tarkibida palmitin (C16:0) va stearin (C18:0) kislotalarining ulushi yuqori bo‘lib, bu uning qattiqligini va yuqori erish haroratini ta’minlaydi. Gidrogenlash jarayonida linol va linolen kislotalari kamayib, olein va stearin kislotalari ko‘payishi kuzatildi, natijada salomas oksidlanishga chidamli va uzoq muddat saqlanish xususiyatiga ega bo‘ldi.

Fizik-kimyoviy tahlillar salomasning kislotalik soni past, peroksid soni me’yorida, trans-izomerlar esa nisbatan kam miqdorda ekanini ko‘rsatdi. Polimorfizm darajasining yuqoriligi salomasning tuzilish barqarorligini mustahkamlab, undan tayyorlanadigan mahsulotlarning texnologik sifatini oshiradi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, olingan salomas margarin, qandolat yog‘lari, spred va boshqa yog‘-moy mahsulotlari ishlab chiqarishda yuqori sifatli va istiqbolli xomashyo sifatida tavsiya etiladi. Trans-yog‘larning kamaytirilgan miqdorda bo‘lishi esa ushbu mahsulotni sog‘lom ovqatlanish talablari bilan moslashtirish imkonini berad

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. А.А.Долгова, Е.Я.Ладыгина, Руководство к практическим занятиям по фармако-гнозии., М. Медицина, 1977.
2. “Ёш химик энциклопедик лугати” Узбек Совет Энциклопедияси Бош редакцияси, Т. 1990, -268б.
3. A. Yu. Ruziqulov, “O‘simlik yog‘larining sifat tarkibini aniqlash” Innovative Development in Educational Activities 2023y.318-330
4. *Effect of refinement and production technology on the molecular composition of edible cottonseed oils*. ChemRxiv, 2022.
5. Raximov D.P., Ruziboyev A.T., Salijanova Sh.D. *Cottonseed oil as a valuable raw material to obtain trans-free margarine*. Journal of Critical Reviews, 2020.
6. Mozaffarian D., Katan M.B., Ascherio A., Stampfer M.J., Willett W.C. *Trans fatty acids and cardiovascular disease*. New England Journal of Medicine, 2006; 354(15):1601–1613.
7. Ma, L., Cheng, X., Wang, C., Zhang, X., Xue, F., Li, Y., Zhu, Q., Sun, J., Liu, F. (2021). *Explore the gene network regulating the composition of fatty acids in cottonseed*. **BMC Plant Biology**, 21: 287. https://doi.org/10.1186/s12870-021-02952-4
8. Wang, H., Xu, R., Jin, H., Yu, Y., Zheng, S., Liu, Y. (2016). *Analysis and Evaluation of Fatty Acid Composition in Cottonseed Oil*. **Food Science**, 37(20): 113–118. https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-201622020
9. Ibrahim, H. M., Hamid, A. A., & Yusoff, M. S. (2016). *Physico-Chemical Characteristics and Fatty Acids Compositions of Cottonseed Oils*. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, 16(6): 1130–1137. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2016.16.6.12995
10. World Health Organization (2019). *Eliminating trans fats in Europe: A policy brief*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/trans-fat
11. Mozaffarian, D., Katan, M.B., Ascherio, A., Stampfer, M.J., Willett, W.C. (2006). *Trans fatty acids and cardiovascular disease*. **New England Journal of Medicine**, 354(15):1601–1613.

ISSN 3030-3907

12. Micha, R., Mozaffarian, D. (2009). *Trans fatty acids: effects on cardiometabolic health and implications for policy*. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, 79(3–5):147–152.
13. Baer, D.J., Judd, J.T., Clevidence, B.A., Tracy, R.P. (2004). *Dietary fatty acids affect plasma markers of inflammation in healthy men fed controlled diets: a randomized crossover study*. **American Journal of Clinical Nutrition**, 79(6):969–973.
14. Mensink, R.P., Katan, M.B. (1990). *Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects*. **New England Journal of Medicine**, 323(7):439–445.
15. Iida, Y., et al. (2025). *Transition of trans fatty acid contents of margarines, fat spreads and shortenings in Japan*. **Journal of Oleo Science**, 74(4).

ISSN 3030-3907