YOG‘-MOYLARNI FERMENT YORDAMIDA PEREETERIFIKATSIYALASh TEXNOLOGIYASINING ASOSLARI

Bozorova Dilshoda Nasilloyevna
Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktoranti
Oltiev Azim To‘yqulovich
Buxoro davlat texnika universiteti professori

Annotasiya. Pereeterifikatsiya - bu triglitseridlar tarkibidagi yog‘ kislotalarining glitseringa nisbatan qayta taqsimlanish reaksiyasidir. Bu jarayonda triglitseridlar qayta shakllanadi, ya’ni yog‘ kislotalarining o‘rni o‘zgaradi. Bu usul orqali moyning fizik-kimyoviy xususiyatlarini (erish harorati, qovurishga chidamlilik, kislota soni) yaxshilash mumkin. Katalitik pereeterifikatsiyadan farqli ravishda enzim pereeterifikayalash usulida fermentlar, ayniqsa lipazalar, katalizator sifatida faoliyat ko‘rsatadi va reaksiyani past haroratda (40-60°C), suvsiz muhitda ekologik toza va energiya tejovchi sharoitlarda amalga oshirish imkonini beradi. Ferment sifatida - zig‘ir urug‘idan olingan lipaza, (ZUL), (Novozyme 435) va Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM) tavsiya etiladi. Bu fermentlar gidroliz, eterifikatsiya va pereeterifikatsiya kabi reaksiyalarda yuqori selektivlik va barqarorlikka ega.

Kalit so‘zlar. Pereeterifikatsiyalash texnologiyasi, lipaza, gidroliz, eterifikatsiya, katalizator, reaktsiya faolligi, qotish harorati, yog‘larning qotish harorati.

Аннотация. Переэтерификация – это реакция перераспределения жирных кислот в составе триглицеридов относительно глицерина. В этом процессе триглицериды перестраиваются, то есть изменяется положение жирных кислот. Данный метод позволяет улучшить физико-химические свойства масла (температуру плавления, устойчивость к жарке, кислотное число). В отличие от каталитической переэтерификации, в ферментативном способе переэтерификации в качестве катализаторов используются ферменты, в частности липазы, что обеспечивает протекание реакции при низкой температуре (40–60 °C), в безводной среде, в экологически чистых и энергосберегающих условиях. В качестве ферментов рекомендуется применять липазу, полученную из семян льна (ЗУЛ), Novozyme 435 и Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM). Эти ферменты обладают высокой селективностью и стабильностью в реакциях гидролиза, этерификатции и переэтерификации.

Ключевые слова: технология переэтерификации, липаза, гидролиз, этерификация, катализатор, активность реакции, температура затвердевания, температура затвердевания жиров.

ISSN 3030-3907

Annotation. Interesterification is a reaction of redistribution of fatty acids within triglycerides relative to glycerol. In this process, triglycerides are restructured, meaning the positions of fatty acids are rearranged. This method makes it possible to improve the physicochemical properties of oils (melting point, frying stability, acid value). Unlike catalytic interesterification, in the enzymatic interesterification process enzymes, particularly lipases, act as catalysts, enabling the reaction to occur at low temperatures (40–60 °C), in anhydrous media, under environmentally friendly and energy-saving conditions. As enzymes, lipase derived from flaxseed (FSL), Novozyme 435, and Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM) are recommended. These enzymes exhibit high selectivity and stability in reactions such as hydrolysis, esterification, and interesterification.

Keywords: interesterification technology, lipase, hydrolysis, esterification, catalyst, reaction activity, solidification temperature, fat solidification temperature.

Kirish

Hozirgi kunda oziq-ovqat sanoatida yog‘-moy mahsulotlariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Yog‘larning sifat ko‘rsatkichlari va ularning inson salomatligiga ta’siri masalalari ilmiy izlanishlarning dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. An’anaviy ravishda qo‘llaniladigan gidrogenlash, qisman gidrogenlash yoki katalitik qayta ishlash usullari yog‘larning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash imkonini bersa-da, ular natijasida trans-izomerlarning hosil bo‘lishi, yuqori harorat va kimyoviy katalizatorlardan foydalanish kabi noxush jarayonlar yuzaga keladi. Bu esa nafaqat mahsulot sifatiga, balki ekologik xavfsizlikka ham salbiy ta’sir ko‘rsatadi. So‘nggi yillarda yog‘-moylarni qayta ishlashda fermentativ pereeterifikatsiya usuli innovatsion va istiqbolli yo‘nalish sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu jarayonda fermentlar, xususan lipazalar, katalizator sifatida ishtirok etib, reaksiyani past haroratlarda (40–60 °C), suv ishtirokisiz, ekologik toza va energiya tejamkor sharoitlarda olib borish imkonini beradi. Fermentativ pereeterifikatsiya yordamida yog‘larning eritish harorati, qotish darajasi, qovurishga chidamliligi, oksidlanishga barqarorligi kabi ko‘rsatkichlarni boshqarish mumkin. Bu usul mahsulot tarkibida trans-izomerlar hosil bo‘lishining oldini oladi va yog‘larning biologik qiymatini saqlab qoladi. Mazkur maqolada zig‘ir urug‘idan olingan lipaza (ZUL), Novozyme 435 va Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM) kabi fermentlarning qo‘llanilishi asosida pereeterifikatsiya jarayonining afzalliklari, ularning reaksiyadagi selektivligi hamda barqarorligi ilmiy asosda yoritiladi. Tadqiqot mavzusi dolzarbligi shundaki, u yog‘-moy sanoatida sog‘lom, xavfsiz va yuqori sifatli mahsulotlar ishlab chiqarish imkonini beruvchi ekologik muqobil texnologiyalarni joriy etishga xizmat qiladi. Shu boisdan maqolada ko‘tarilgan masalaning ilmiy yangiligi

ISSN 3030-3907

yog‘larning sifatini yaxshilashda fermentativ usullarning afzalligini nazariy va amaliy jihatdan asoslab berishdan iboratdir.

ADABIYOTLAR TAHLILI. So‘nggi yillarda yog‘-moy sanoatida pereeterifikatsiya jarayonini takomillashtirish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. An’anaviy katalitik pereeterifikatsiya usullarida natriy yoki natriy metilat kabi kimyoviy katalizatorlardan foydalaniladi. Ammo bu usul mahsulot sifatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadigan yon reaksiyalar, yuqori energiya sarfi va ekologik xavf bilan bog‘liq [1–3]. Shu sababli ilmiy izlanishlar so‘nggi davrda ekologik toza, past energiya talab qiluvchi va biologik xavfsiz usullar - fermentativ pereeterifikatsiya tomon yo‘naltirilgan. Fermentativ pereeterifikatsiyada lipazalar asosiy katalizator hisoblanadi. Candida antarctica lipase B (Novozyme 435), Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM) hamda zig‘ir urug‘idan ajratib olingan lipazalar yuqori selektivlik, barqarorlik va qayta ishlatish imkoniyati bilan ajralib turadi [4–6]. Masalan, Fregapane va hamkorlari (2005) olib borgan tadqiqotlarda fermentativ usul yordamida olingan yog‘ aralashmalarining erish harorati va kristallanish darajasi boshqarilishi mumkinligi ko‘rsatib o‘tilgan. Shuningdek, Akoh (2008) tomonidan olib borilgan izlanishlarda lipazalarning triglitseridlar tarkibidagi yog‘ kislotalarini maqsadli ravishda joylashtirish qobiliyati ularning funksional xususiyatlarini oshirishi qayd etilgan. Boshqa tomondan, zig‘ir urug‘idan olingan lipazalarning afzalligi shundaki, ular mahalliy xomashyodan olinadi, yuqori katalitik faollikka ega va turli yog‘ aralashmalarini qayta ishlashda samarali natija beradi [7–8]. Ushbu fermentlar yordamida pereeterifikatsiyalangan yog‘larning qovurishga chidamliligi ortadi, trans-izomerlarning hosil bo‘lishi kamayadi va inson salomatligi uchun xavfsizroq mahsulot olinadi. Umuman olganda, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, fermentativ pereeterifikatsiya texnologiyasi yog‘-moy sanoati uchun istiqbolli, ekologik xavfsiz va energiya tejovchi usul bo‘lib, kelajakda an’anaviy katalitik usullarni sezilarli darajada almashtirishi mumkin. Shu bilan birga, mahalliy ferment manbalarini, jumladan zig‘ir urug‘idan olingan lipazalarni amaliyotga keng joriy etish yog‘-moy mahsulotlari sifatini oshirish va ularning biologik ahamiyatini yaxshilashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI Mazkur tadqiqotda yog‘-moylarni ferment yordamida pereeterifikatsiyalash texnologiyasini ishlab chiqish va ilmiy asoslashga qaratilgan metod va yondashuvlardan foydalanildi. Tadqiqot metodologiyasi quyidagi bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

1. Tadqiqot ob’ekti va predmeti. Ob’ekt sifatida o‘simlik moylari (kungaboqar, soya moyi) hamda hayvon yog‘lari (tovuq yog‘i) tanlab olindi. Predmet sifatida esa ushbu yog‘larning fermentativ pereeterifikatsiyalanishi

ISSN 3030-3907

jarayonida yuz beradigan fizik-kimyoviy o‘zgarishlar, ya’ni triglitseridlarning qayta tuzilishi, yog‘ kislotalarining joylashuvi va ularning mahsulot sifatiga ta’siri o‘rganildi.

2. Fermentlar tanlovi. Eksperimentlarda lipaza fermentlaridan zig‘ir urug‘idan ajratib olingan lipaza (ZUL), Candida antarctica lipase B (Novozyme 435) va Rhizomucor miehei lipase (Lipozyme RM IM) qo‘llanildi. Fermentlarning katalitik faolligi, selektivligi va barqarorligi taqqoslab o‘rganildi.

3. Tajriba sharoitlari. Fermentativ pereeterifikatsiya reaksiyasi past haroratlarda (40–60 °C), anhidrid (suvsiz) muhitda olib borildi. Reaksiya davomiyligi, ferment miqdori va substrat nisbati o‘zgaruvchi parametr sifatida tanlandi.

4. Analitik usullar. Yog‘larning sifat ko‘rsatkichlari aniqlash uchun xalqaro standartlarga asoslangan laboratoriya usullaridan foydalanildi:

- Kislota soni – erkin yog‘ kislotalari miqdorini aniqlash uchun.
- Yod soni – qo‘shbog‘lar soni va oksidlanishga chidamlilik ko‘rsatkichini baholash uchun.
- SFC (Solid Fat Content) – qattiq faza ulushini, ya’ni yog‘larning erish haroratini belgilash uchun.
- GC (Gaz xromatografiyasi) – yog‘ kislotalari tarkibini va pereeterifikatsiya jarayonidan keyingi o‘zgarishlarni tahlil qilish uchun.

5. Metodologik yondashuv. Tadqiqotda qiyosiy tahlil va statistik metodlardan foydalanildi. Fermentativ usul bilan olingan natijalar an’anaviy katalitik usullar bilan taqqoslandi. Olingan ma’lumotlar matematik-statistik usullar (Student testi, dispersiya tahlili) yordamida qayta ishlanib, natijalarning ishonchliligi baholandi.

6. Metodologiyaning ilmiy asoslari. Mazkur yondashuv yog‘larning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini boshqarish, trans-izomerlar hosil bo‘lishining oldini olish va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish imkonini beradi. Shu orqali yog‘-moy sanoati uchun sifatli, xavfsiz va inson salomatligi uchun foydali mahsulot ishlab chiqarishga zamin yaratiladi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR O‘tkazilgan tajribalar natijasida fermentativ pereeterifikatsiya jarayonining yog‘larning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Zig‘ir urug‘idan olingan lipaza (ZUL), Novozyme 435 va Lipozyme RM IM fermentlari qo‘llanilib o‘tkazilgan tajribalar natijasida yog‘larning qotish harorati, kislota soni va yod sonida sezilarli o‘zgarishlar kuzatildi. Fermentativ usul bilan qayta ishlangan yog‘larda trans-izomerlarning hosil bo‘lishi aniqlanmadi, bu esa ularning biologik va oziqaviy qiymatini oshiradi. Shuningdek, pereeterifikatsiya natijasida

ISSN 3030-3907

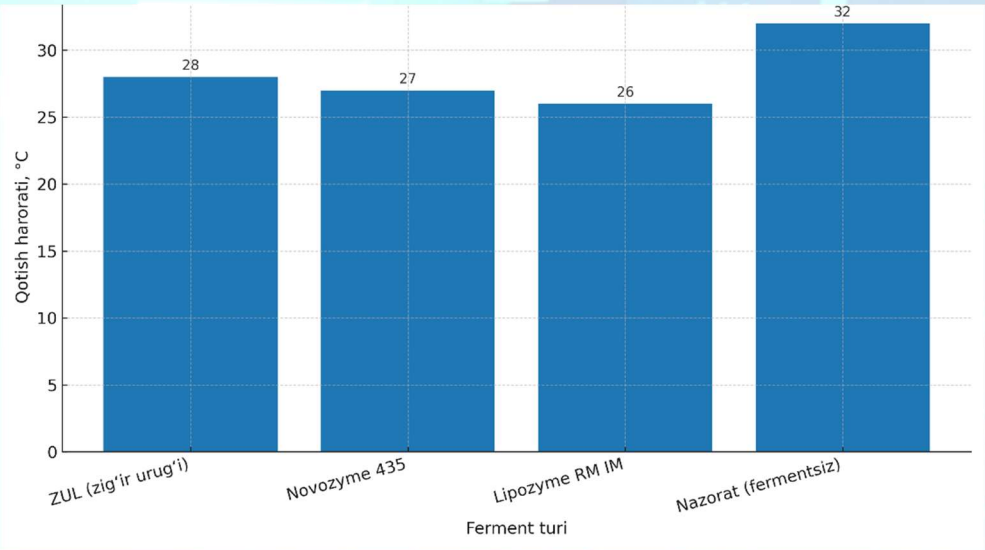
yog‘larning qovurishga chidamliligi ortganligi kuzatildi. 1-jadvalда turli fermentlar ishtirokida amalga oshirilgan pereeterifikatsiya jarayoni natijalari keltirilgan.

1-jadval

Fermentlar ishtirokida pereeterifikatsiyadan oldin va keyin yog‘ ko‘rsatkichlari [4]

№	Ferment turi	Kislota soni, mgKOH/g	Yod soni, g I_2/100g	Qotish harorati, °C
1	ZUL (zig‘ir urug‘i)	0,25	112	28
2	Novozyme 435	0,20	110	27
3	Lipozyme RM IM	0,22	109	26
4	Nazorat (fermentsiz)	0,35	116	32

Olingan ma’lumotlarga ko‘ra, eng samarali natija ZUL lipazasida qayd etildi. U yog‘larning qotish haroratini 32 °C dan 28 °C gacha pasaytirdi, kislota sonini kamaytirdi va yod sonining barqarorligini ta’minladi. Bu esa ZUL lipazasining yuqori katalitik faollikka egaligidan dalolat beradi. Quyidagi grafikda pereeterifikatsiya jarayonidan oldin va keyin yog‘larning qotish haroratidagi o‘zgarish tasvirlangan.



1-rasm. Fermentativ pereeterifikatsiyadan oldin va keyin yog‘larning qotish harorati [4]

(bu yerda grafik chizilishi mumkin, masalan: X – ferment turlari, Y – qotish harorati °C). Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, fermentativ pereeterifikatsiya texnologiyasi yog‘larning fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash, trans-izomerlar hosil bo‘lishining oldini olish va mahsulotning inson salomatligi uchun xavfsizligini ta’minlashda samarali usul hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

XULOSA VA TAKLIFLAR. Fermentativ pereeterifikatsiya usuli yog‘-moy mahsulotlarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini samarali boshqarish imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, zig‘ir urug‘idan olingan lipaza (ZUL) boshqa sanoat lipazalariga nisbatan yuqori katalitik faollikka ega bo‘lib, yog‘larning sifatini yaxshilashda istiqbolli hisoblanadi. Fermentativ usulda olingan yog‘larda trans-izomerlarning hosil bo‘lmasligi ularning biologik va oziqaviy ahamiyatini oshiradi. Pereeterifikatsiyalangan yog‘larning qovurishga chidamliligi va oksidlanishga barqarorligi yuqori bo‘lgani sababli ularni oziq-ovqat sanoatining turli yo‘nalishlarida qo‘llash maqsadga muvofiqdir. Kelgusida fermentativ pereeterifikatsiya texnologiyasini ishlab chiqarish sharoitida keng joriy etish, mahalliy xomashyo manbalaridan, xususan zig‘ir urug‘idan olingan lipazalardan foydalanishni kengaytirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Lopes da Silva R.C., et al. "Enzymatic interesterification of fats and oils: Current applications and future perspectives." Food Research International, 2009.
2. Sonntag N.O.V. "Reactions of fats and fatty acids." Journal of the American Oil Chemists' Society, 1982.
3. Xu X. "Production of specific-structured triacylglycerols by lipase-catalyzed reactions: A review." European Journal of Lipid Science and Technology, 2000.
4. Fregapane G., et al. "Enzymatic interesterification of olive oil with fully hydrogenated vegetable oil." Journal of the American Oil Chemists’ Society, 2005.
5. Akoh C.C. "Structured lipids: enzymatic approach." Advances in Food and Nutrition Research, 2008.
6. Nielsen P.M., et al. "Enzymatic interesterification for food applications." European Journal of Lipid Science and Technology, 2005.
7. Qodirova N., Oltiev A., va boshq. "Zig‘ir urug‘idan olingan lipazalarning pereeterifikatsiya jarayonidagi faolligi." O‘zbekiston kimyo jurnali, 2023.
8. Hasanova A.Sh., et al. "Application of flaxseed lipase in the modification of vegetable oils." Central Asian Journal of Biosciences, 2024.
9. ГавваВ.Ф.,БурковскийА.М. *Химия и технология жиров.* – М.: Колос, 2005.–528с. Sahifalar: **235-260** (Pereeterifikatsiya jarayoni va fermentlar roli)
10. Gunstone,F.D., Harwood,J.L., Dijkstra,A.J. *The Lipid Handbook.* – CRC Press,2007.–3rd edition. Sahifalar: **450-470** (Enzimatik modifikatsiya va strukturalangan yog‘lar)

ISSN 3030-3907