



PEKTINLARNING EMULSIFIKATSIYA QILUVCHI XUSUSIYATLARI

¹Bo'riev H. A., ²Eshmatov F. X.

¹Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi, Yengil sanoat va oziq-ovqat texnologiyalari kafedrası, Termiz.

²Toshkent kimyo texnologiya instituti, texnika fanlari falsafasi doktori (PhD), Toshkent.

Annotatsiya

Ultratovushlarning ekstraksiya qilingan anor hujayralari (PP) pektini emulsiya eng yuqori barqaorligi ko'chirish — 5 kunlik saqlashda fazalar ajralishi kuzatilmadi. Metil esterifikatsiya darajasi (DE) va umumiy polifenollar miqdori (C) olingan. Emulsifikatsiya mexanizmi bu parametrlarning o'zaro birikmasiga bog'liq.

Pektin jel hosil qilish tufayli yaxshilash barqaorligi oshgan va muddatidan uzaygan.

KIRISH

Optimal ekstraksiya sharoitida olingan pektinlarning emulsifikatsiya qiluvchi xossalari o'rganildi va xona haroratida 5 kun davomida saqlangan emulsiyalarning barqarorligi baholandi. PP pektinlari bilan tayyorlangan emulsiyalarning CI (kremlanish indeksi) qiymatlari 0,00 dan 10,26% gacha, WP pektinlari bilan tayyorlangan emulsiyalarning esa 23,04 dan 40,10% gacha bo'ldi (5-jadval). 5 kunlik saqlashdan so'ng, BAA usuli bilan ekstraksiya qilingan PP pektinli emulsiya hanuzgacha barqaror holatda bo'lib, unda fazalar ajralishi kuzatilmadi. Aksincha, boshqa pektin turlari bilan tayyorlangan emulsiyalarning pastki qismida ko'zga ko'rinadigan sarum (suyuqlik) qatlami hosil bo'ldi. Emulsiyalarning barqarorligi va xossalari, shu jumladan kremlanish, flokulyatsiya yoki birlashish jarayonlari, emulsiya tomchilarining hajmi va ularning tarqalishiga katta darajada bog'liq (Dickinson, 2001). Kremlanish tezligi tomchi diametrining kvadratiga mutanosib bo'lishi, aynan BAA bilan ekstraksiya qilingan PP pektinli emulsiyaning nisbatan yuqori barqarorligi uchun asosiy sabab hisoblanadi. Shuning uchun tomchilar hajmining kichikligi gravitatsiyaviy ajralish tezligini pasaytiradi (Bai va boshq., 2017). 5-rasmda ko'rsatilganidek, BAA yordamida ekstraksiya qilingan PP pektinli emulsiya eng kichik va bir xilda taqsimlangan yog' tomchilariga ega edi. Bundan tashqari, ushbu pektinning yuqori yopishqoqligi va yuqori molekulyar og'irligi (Mw) emulsiyaning umumiy viskozitesini oshirib, yog' tomchilarining harakatini cheklab qo'ygan va shu bilan ajralishga nisbatan kuchli qarshilik ko'rsatgan.

Xuddi shunday, Endreß va Rentschler (1999) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda olma va sitrus pektinlarining emulsiya barqarorlashtiruvchi xususiyatlari asosan emulsiyalarning suvli fazasining yopishqoqligini oshirish bilan izohlangan. Bu esa yog' tomchilarining erkin



harakatlanishini cheklaydi va natijada ularning birlashishga yoki to'planishga moyilligini kamaytiradi. WP pektinlari ishtirokida tayyorlangan emulsiyalarda aniqlangan yuqori CI qiymatlari esa, ularda nisbatan yirik tomchilar mavjudligi bilan izohlanadi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tarvuz qobig'i (A) va anor qobig'i (B) pektinlari bilan tayyorlangan emulsiyalarning trinokulyar mikroskop tasvirlari turli ekstraksiya usullari orqali olingan namunalar asosida o'rganildi. *CSE* — klassik erituvchi ekstraksiyasi; *MAE* — mikroto'lqinli pech yordamida ekstraksiya; *BAA* — ultratovush yordamida ekstraksiya. Bundan tashqari, BAA usuli bilan ajratilgan PP pektin metil esterifikatsiyasining eng yuqori darajasiga (DE) ega bo'ldi. Yuqori DE qiymati pektin tarkibida ko'proq gidrofobik guruhlar — metil ester va asetil guruhlar — mavjudligini anglatadi. Bu esa uning neft-suv interfeysida samarali joylashish qobiliyatini ta'minlaydi (Verkempinck va boshq., 2018). Oldingi tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 70 kDa molekulyar og'irlikka (Mw) va 70% DE ga ega bo'lgan sitrus pektinlari bilan tayyorlangan yog'-suv emulsiyalari 2 oylik saqlash davomida o'rtacha tomchilar hajmi va past kremlanish tezligi bilan yuqori barqarorlik namoyon etgan (Akhtar va boshq., 2002).

Shuningdek, asetil, feruloil va oqsil fraktsiyalari pektinning emulsifikatsiya xususiyatlariga sezilarli hissa qo'shadi (Ngouémazon va boshq., 2015). Leroux va boshq. (2003) o'z tadqiqotida moy bilan bog'liq bo'lgan fraktsiyada suvli fazaga nisbatan ko'proq protein mavjudligini aniqlagan va pektin bilan bog'langan oqsillar emulsiya barqarorligini ta'minlashda muhim rol o'ynashini ta'kidlagan. Yana bir tadqiqotda, qand lavlagi pektinidan foydalanib, emulsifikatsiya jarayonidan oldin va keyin suvli fazadagi oqsil miqdori solishtirildi. Ularning kuzatuvlariga ko'ra, emulsifikatsiya jarayonida oqsil miqdori kamaygan, bu esa oqsillarning faol ishtirokini tasdiqlaydi (Williams va boshq., 2005).

WP pektinlari yuqori protein tarkibiga ega bo'lishiga qaramay, PP pektinlari ushbu tadqiqotda yanada samarali emulsiyalar hosil qildi. Bu holat Mw, viskozite, DE va umumiy polifenollar miqdori (TPC) kabi parametrlarning oqsil tarkibiga qaraganda emulsifikatsiya qobiliyatiga kuchliroq ta'sir ko'rsatishini anglatadi. Ayniqsa, barqarorroq emulsiyalar hosil qilgan PP pektinlar TPC miqdori bo'yicha ustunlikka ega edi.

Liu va boshq. (2020) olma, sitrus va qand lavlagi pektinlari bilan tayyorlangan suvdagi yog' emulsiyalariga turli miqdorda (0,1–0,3% w/w) ferul kislotasi qo'shib, uning emulsifikatsiyaga ta'sirini o'rgandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ferul kislotasi barcha turdagi pektinlar uchun emulsiya faoliyatini sezilarli darajada oshirgan.

Shunday qilib, emulsifikatsiya mexanizmi — molekulyar og'irlik (Mw), yopishqoqlik, DE darajasi, TPC va oqsil mavjudligi kabi omillarning o'zaro ta'siri bilan izohlanadi.



BAA usuli bilan ekstraksiya qilingan PP pektinlari va MAE yordamida ajratilgan WP pektinlari eng past CI (kremlanish indeksi) qiymatlariga ega bo'lib, muzqaymoq ishlab chiqarishda emulsifikatsiya qiluvchi vosita sifatida eng istiqbolli variantlar deb topildi.

WP va PP pektinlari yordamida ishlab chiqarilgan muzqaymoqlarning xossalari

MAE usuli bilan ekstraksiya qilingan tarvuz qobig'i (WP) pektini va BAA usuli bilan ajratilgan anor qobig'i (PP) pektini yuqori molekulyar og'irlik (M_w), yopishqoqlik, metil esterifikatsiya darajasi (DE), umumiy polifenollar miqdori (TPC) va past kremlanish indeksi (CI) tufayli emulsifikator sifatida muzqaymoq aralashmalarida qo'llash uchun tanlandi. Ushbu ikkala pektin asosida tayyorlangan muzqaymoqlar savdo emulsifikatori qo'shilgan namunalar hamda emulsifikatorsiz nazorat namunasi bilan taqqoslab o'rganildi.

Muzqaymoq aralashmalarining ko'rinadigan yopishqoqligi (μ_{app}), birinchi damlama vaqti, erish tezligi va qattiqligi 6-jadvalda keltirilgan:

NATIJALAR

Jadval 6. Muzqaymoq namunalarining ko'rinadigan yopishqoqligi va fizik xususiyatlari

Namuna	μ_{app} (Pa·s)	Damlama (min)	vaqti Erish (g/min)	tezligi Qattiqlik (N)
1. Nazorat	0.0086 ± 0.0007 (a)	46.50 ± 0.00 (a)	0.78 ± 0.02 (b)	0.89 ± 0.00 (a)
2. Savdo emulsifikatori	0.0092 ± 0.0007 (a)	53.75 ± 0.35 (b)	0.62 ± 0.01 (a)	2.14 ± 0.04 (b)
3. MAE – WP pektin	0.0138 ± 0.0001 (b)	54.50 ± 1.41 (b)	0.80 ± 0.01 (b)	2.26 ± 0.00 (b)
4. BAA – PP pektin	0.0313 ± 0.0003 (c)	60.25 ± 1.06 (c)	1.14 ± 0.01 (c)	3.84 ± 0.05 (c)

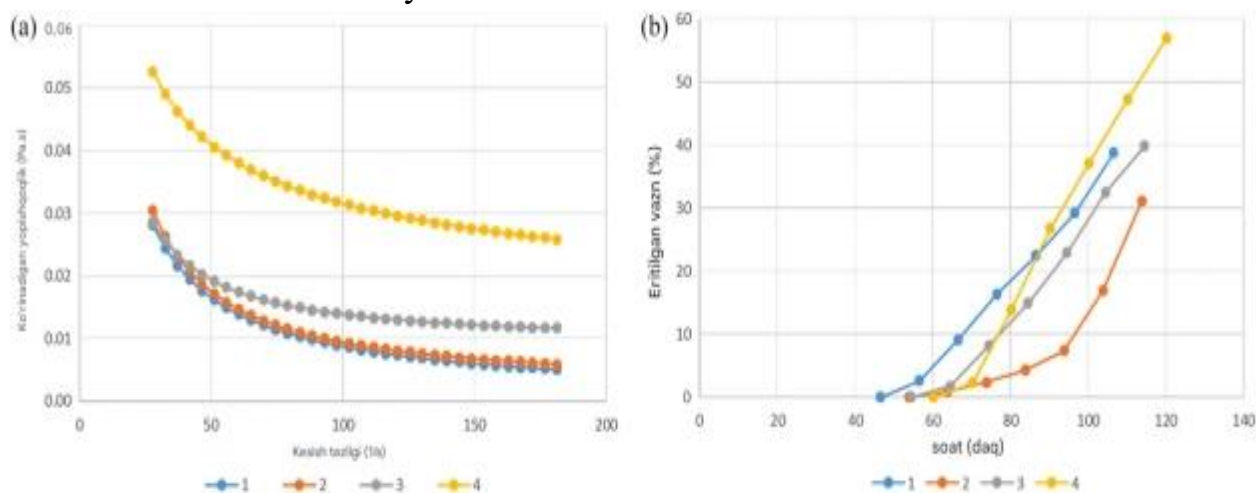
Izoh: Har bir ustundagi farqli harflar (a, b, c) statistik jihatdan muhim farqni bildiradi (Duncan testi, $p < 0.05$, $n = 3$).

Oldingi tadqiqotlarga muvofiq, barcha muzqaymoq aralashmalari kesish tezligi oshgan sayin ko'rinadigan yopishqoqlikning pasayishini — ya'ni **yupqalashtiruvchi xatti-harakatni** (psevdo-plastiklik) ko'rsatdi (He va boshq., 2019; Innocente va boshq., 2002; Littoz va McClements, 2008).Nazorat va savdo emulsifikatori bilan tayyorlangan aralashmalar orasida viskozitetda sezilarli farq aniqlanmagan, biroq pektin qo'shilishi muhim darajada yopishqoqlikni oshirdi ($p < 0.05$). Bu **pektinning jel hosil qilish xususiyati** bilan bog'liq bo'lib, u suyuqlikdagi uch o'lchamli tuzilmani mustahkamlaydi (Zhang va boshq., 2018; Clarke, 2004).



BAA usuli bilan ajratilgan PP pektini eng yuqori yopishqoqlikka ega bo'lib, aralashmaga kuchliroq jel tuzilmasini hosil qilish xususiyatini bergan. Bu esa muzqaymoq aralashmasining stabilizatsiyasi va erish muddatining ortishiga sabab bo'lgan. Pektin muzqaymoqlarda **emulsifikator** va **stabilizator** sifatida ikki tomonlama rol o'ynaydi. U suv molekulalarini vodorod aloqalari orqali bog'lab yoki ularni jel tarmog'iga ushlab, erkin suvning miqdorini va harakatchanligini kamaytiradi. Shu bilan yopishqoqlik va barqarorlik oshadi. Molekulyar tuzilmasida ham hidrofilik, ham hidrofobik guruhlarining mavjudligi pektinga samarali emulsifikatsiya qiluvchi xususiyatlar beradi (Leroux va boshq., 2003; Ngouémazong va boshq., 2015).

PP pektini qo'shilgan aralashmaning yuqori viskoziteti uning **stabilizator sifatida samaradorligini**, WP pektini esa savdo emulsifikatoriga yaqin emulsifikatsiya xususiyatlarini ko'rsatdi. Bu WP pektinining **emulsifikatsiya qilishdagi ustunligini** bildiradi. Yuqori siljishdagi yupqalash harakati past kesish tezligidagi jarayonlarda tizim barqarorligini ta'minlaydi, bu esa **aralashmani pompalashni osonlashtiradi** hamda **og'izda yoqimli tekstura va silliqlik hissi** yaratadi (Dogan va boshq., 2013; BahramParvar va boshq., 2010). Herald va boshqalar (2008) esa yopishqoqlik oshishining mahsulot silliqligiga ijobiy ta'sir ko'rsatishini ta'kidlaydi.



(A) Muzqaymoq aralashmalari uchun ko'rinadigan yopishqoqlik va kesish tezligi. (B) Muzqaymoq namunalarining erish foizlari grafigi (20°C). *1, nazorat aralashmasi; 2, savdo emulsifikator bilan aralash; 3, MAE bilan ekstraksiya qilingan WP pektin yordamida aralash; 4, UA bilan ekstraksiya qilingan PP pektin bilan aralashmasi.

XULOSALAR

Ushbu tadqiqotda tarvuz (WP) va anor (PP) po'stlog'idan pektin olish uchun turli ekstraksiya usullari qo'llanildi. Ekstraksiya jarayon parametrlari javob yuzasi metodologiyasi (RSM) yordamida optimallashtirildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ekstraksiya sharoitlari



pektinning chiqish darajasi (CPY) va uning fizik-kimyoviy xususiyatlariga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Pektin olishda chiqindi sifatida foydalanilgan PP namunasi uchun maksimal CPY 17% bo'ldi, bu uning iqtisodiy va ekologik jihatdan istiqbolli xomashyo ekanini tasdiqlaydi. WP namunasi uchun esa MAE (mikroto'liqlik ekstraksiya) usuli an'anaviy CSE (an'anaviy isitish ekstraksiyasi) bilan solishtirilganda qisqaroq vaqt ichida yuqori samaradorlikka ega bo'lib, pektin ekstraksiyasini sezilarli darajada yaxshiladi.

Muzqaymoq ishlab chiqarishda emulsifikator sifatida qo'llanilgan pektinlar emulsiyalash xususiyatlari bo'yicha ijobiy natijalar ko'rsatdi. Xususan: MAE bilan ekstraksiya qilingan WP pektin: maksimal CPY 9,40% (pH 1,3; ekstraksiya vaqti 6 daqiqa; quvvat 596 Vt). BAA (ultrasonik) bilan ekstraksiya qilingan PP pektin: maksimal CPY 11,56% (pH 1,5; 69 °C harorat; 29 daqiqa; 32% amplituda). PP pektinining eng yuqori mahsuldorligi CSE usulida kuzatilgan bo'lsa-da, muzqaymoq aralashmasida BAA usuli bilan olingan pektinlar ishlatilgan, chunki ular yaxshiroq emulsifikatsiya xususiyatlarini namoyon qildi. Erish tezligi, damlama vaqti hamda qattqlik natijalari pektinlarning emulsifikator sifatida samarali ishlatilishini tasdiqladi. Jumladan: BAA bilan ekstraksiya qilingan PP pektin: yuqori yopishqoqlik, 60 daqiqa damlama vaqti, kuchliroq tekstura. Bu uning stabilizator sifatida ustunligini ko'rsatdi. MAE bilan ekstraksiya qilingan WP pektin: damlama vaqti va qattqlik bo'yicha tijorat emulsifikatoriga yaqin natijalar berdi, bu esa emulsifikatsiya xususiyatlarining kuchliligini ko'rsatadi.

Shu asosda aytish mumkinki, pektinlar muzqaymoq formulalarida emulsifikator sifatida tijorat stabilizatorlarini muvaffaqiyatli almashtirishi mumkin. Bu nafaqat mahsulot sifatini saqlab qolishga, balki sog'lom, barqaror va iqtisodiy alternativ ishlab chiqishga ham xizmat qiladi. Kelgusida turli o'simlik manbalaridan va har xil ekstraksiya sharoitlarida olingan pektinlarni muzqaymoqlarda funksional ingredient sifatida ishlatish bo'yicha qo'shimcha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiqdir.

PP pektini emulsifikator va stabilizator sifatida muzqaymoq va boshqa emulsion mahsulotlarida savdo emulsifikatorlarining natural alternativasi sifatida istiqbolli bo'lib chiqdi.

ADABIYOTLAR

- [1] Mohnen D. (2008). Pectin structure and biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, 11(3), 266–277.
- [2] Willats W.G.T., McCartney L., Mackie W., Knox J.P. (2001). Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Molecular Biology*, 47, 9–27.
- [3] Viuda-Martos M. et al. (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(6), 635–654.
- [4] Быков А.Т. и др. (2017). Способ получения пектина из растительного сырья. Патент RU2610312C1.



- [5] May C.D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. Carbohydrate Polymers, 12(1), 79–99.
- [6] Fertoni H.C.R. et al. (2006). Influence of soluble solids in extraction and chemical characteristics of pectin from green fruit peel of Murcott tangerine. Ciência e Agrotecnologia, 30(5), 957–964.