HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

ANOR PO‘STI CHIQINDILARIDAN BIOFAOL KOMPONENTLARNI AJRATIB OLISH VA ULAR ASOSIDA INTELLEKTUAL BIO-QOPLAMA YARATISHNING ILMIY-TEXNOLOGIK ASOSLARI

ERMATOV OTABEK SAYITOVICH
Jizzax politexnika instituti dotsenti, t.f.f.d., (PhD)
E-mail: otabekermatov755@gmail.com
QOBILOVA MAHLIYO ABROR QIZI
Jizzax politexnika instituti magistranti
doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.23233771

Annotatsiya: Maqolada anor (Punica granatum L.) po‘sti chiqindilarini qimmatli ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta ishlash, ular tarkibidagi biofaol komponentlarni ajratib olish va mazkur komponentlar asosida anor mevalarini saqlash uchun mo‘ljallangan intellektual bio-qoplamalar ishlab chiqishning ilmiy-texnologik asoslari tahlil qilingan. Anor po‘sti tarkibidagi fenol birikmalari, flavonoidlar, tanninlar va boshqa antioksidant komponentlar uni funktsional qoplama uchun istiqbolli manbaga aylantiradi. Tadqiqot kontseptsiyasida ekstraktsiya jarayonini optimallashtirish, ekstraktning umumiy polifenol miqdori va antioksidantlik faolligini aniqlash, biopolimer matritsa asosida bio-qoplama shakllantirish hamda pH-sezgir indikatorni qoplama tizimiga integratsiyalash nazarda tutilgan. Intellektual bio-qoplamaning funktsionalligi uning mexanik, optik, barьer, antioksidant va indikatorlik xususiyatlari orqali baholanishi taklif etilgan. Tadqiqot natijalaridan anor po‘sti chiqindilarini yuqori qo‘shilgan qiymatga ega funktsional materialga aylantirish va oziq-ovqat qadoqlash texnologiyasida sirkulyar yondashuvni shakllantirishda foydalanish mumkin.
Kalit so‘zlar: Punica granatum L., anor po‘sti, biofaol komponentlar, polifenollar, flavonoidlar, antioksidantlik, bio-qoplama, intellektual qadoqlash, pH-indikator, antotsianin, oziq-ovqat texnologiyasi.

Аннотация: В статье анализируются научно-технические основы переработки отходов кожуры граната (*Punica granatum* L.) как ценного вторичного сырья, извлечения из них биологически активных компонентов и разработки на их основе «умных» биопокрытий для сохранения плодов граната. Содержание в кожуре граната фенольных соединений, флавоноидов, дубильных веществ и других антиоксидантных компонентов делает ее перспективным сырьем для создания функциональных покрытий. Концепция исследования включает оптимизацию процесса экстракции, определение общего содержания полифенолов и антиоксидантной активности экстракта, разработку состава биопокрытия на основе биополимерной матрицы и введение в систему покрытия pH-чувствительного индикатора. Предлагается оценивать функциональность «умного» биопокрытия по его механическим,

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

оптическим, барьерным, антиоксидантным и индикаторным свойствам. Результаты исследования могут быть использованы для переработки отходов кожуры граната в функциональный материал с высокой добавленной стоимостью и внедрения принципов экономики замкнутого цикла в технологии упаковки пищевых продуктов.

Ключевые слова: Punica granatum L., кожура граната, биологически активные компоненты, полифенолы, флавоноиды, антиоксидантная активность, биопокрытие, «умная» упаковка, pH-индикатор, антоцианы, пищевые технологии.

Abstract: The article analyzes the scientific and technological foundations for processing pomegranate (*Punica granatum* L.) peel waste as a valuable secondary raw material, extracting bioactive components, and developing smart bio-coatings based on these components for the preservation of pomegranate fruit. The presence of phenolic compounds, flavonoids, tannins, and other antioxidant components in pomegranate peel makes it a promising source for functional coatings. The research concept encompasses optimizing the extraction process, determining the extract's total polyphenol content and antioxidant activity, formulating a bio-coating based on a biopolymer matrix, and integrating a pH-sensitive indicator into the coating system. It is proposed to evaluate the functionality of the smart bio-coating through its mechanical, optical, barrier, antioxidant, and indicator properties. The research findings can be utilized to transform pomegranate peel waste into a high-value-added functional material and to foster a circular approach within food packaging technology.

Keywords: Punica granatum L., pomegranate peel, bioactive components, polyphenols, flavonoids, antioxidant activity, bio-coating, smart packaging, pH indicator, anthocyanin, food technology.

Kirish

Oziq-ovqat sanoatida xom ashyoni kompleks qayta ishlash va ishlab chiqarish chiqindilaridan funktsional ingredientlar olish zamonaviy tsirkulyar bioiktisodiyotning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Meva-sabzavotlarni qayta ishlashda hosil bo‘ladigan po‘st, urug‘ va boshqa qismlar ko‘p hollarda chiqindi sifatida qaraladi. Biroq ularning tarkibida biologik faol birikmalarning sezilarli miqdori saqlanib qolishi mumkin.

Anor po‘sti ana shunday istiqbolli ikkilamchi xom ashyolardan biri hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda anor po‘sti polifenol va flavonoid birikmalarning qimmatli manbai sifatida tavsiflangan hamda uning ekstraktlarini faol iste’mol qilinadigan qadoqlash tizimlarida qo‘llash imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan.

Polifenollarning antioksidant xususiyati ularni oziq-ovqat mahsulotlarida oksidlanish jarayonlarini cheklash uchun qiziqarli komponentga aylantiradi. SHu bilan birga, o‘simlik

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

ekstraktlaridagi ayrim fenol birikmalar mikroorganizmlarga nisbatan ingibirlovchi ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

An’anaviy bio-qoplamalar asosan mahsulotni namlik, gazlar va mikroorganizmlar ta’siridan himoya qilishga qaratilgan bo‘lsa, intellektual qadoqlash tizimi qo‘shimcha ravishda mahsulot holati haqida axborot berish vazifasini bajaradi. Zamonaviy tadqiqotlarda antotsianinlar pH o‘zgarishiga sezgir tabiiy pigmentlar sifatida intellektual qadoqlash materiallarida keng o‘rganilmoqda.

Tadqiqot maqsadi: anor po‘sti chiqindilaridan biofaol komponentlarni samarali ajratib olish, ularning funktsional xususiyatlarini baholash va olingan ekstrakt asosida anor mevasini saqlashga mo‘ljallangan intellektual bio-qoplama kompozitsiyasining ilmiy-texnologik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

- anor po‘sti chiqindilarining fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish;
- biofaol moddalarni ekstraktsiya qilishning maqbul sharoitlarini aniqlash;
- ekstraktdagi umumiy polifenol va flavonoidlar miqdorini aniqlash;
- ekstraktning antioksidantlik faolligini baholash;
- biopolimer matritsa tarkibini tanlash;
- anor po‘sti ekstrakti asosida bio-qoplama olish;
- qoplamaning mexanik va barьer xususiyatlarini aniqlash;
- pH-sezgir indikatorni qoplamaga integratsiya qilish;
- intellektual qoplamaning rang o‘zgarishini pH bilan bog‘liq holda baholash;
- optimal kompozitsiyani matematik-statistik usulda tanlash.

Materiallar va tadqiqot usullari. Tadqiqot uchun sanoat sharoitida qayta ishlashdan keyin olingan anor po‘sti chiqindilari tanlanadi. Namunalar mexanik aralashmalardan tozalanadi, yuviladi, yuza namligi yo‘qotiladi va nazorat qilinadigan haroratda quritiladi. Quritilgan xom ashyo maydalanib, bir xil zarrachalar o‘lchamiga keltiriladi.

Ekstraktsiya uchun oziq-ovqat texnologiyasida qo‘llashga mos suvli yoki etanol-suvli tizimdan foydalanish mumkin. Ekstraktsiya samaradorligiga ekstragent kontsentratsiyasi, harorat, vaqt, xom ashyo va ekstragent nisbati hamda zarracha o‘lchami ta’siri o‘rganiladi.

Ekstrakt chiqimi $\eta = (m_e/m_x) \times 100$ formulasi bo‘yicha hisoblanadi. Umumiy polifenollar Folin–Ciocalteu usulida, flavonoidlar alyuminiy xloridli kolorimetrik usulda, antioksidantlik faolligi esa DPPH yoki ABTS usulida baholanishi mumkin.

Qoplama matritsasi sifatida kraxmal, pektin, alьginat, xitozan yoki ularning kombinatsiyalaridan foydalanish mumkin. Plastifikator sifatida glitserindan foydalanish qoplamaning elastikligini oshirishi mumkin.

Intellektual funktsiyani ta’minlash uchun pH o‘zgarishiga sezgir tabiiy pigmentlardan, jumladan antotsianinlardan foydalanish mumkin. Antotsianinlar pH muhitiga bog‘liq ravishda rangini o‘zgartirishi sababli mahsulot holatini vizual monitoring qilish uchun istiqbolli indikator hisoblanadi.

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

Qoplamaning funktsional xususiyatlarini baholash

Olingan bio-qoplama mexanik mustahkamlik, elastiklik, suv bug‘i va gaz o‘tkazuvchanligi, rang, shaffoflik, antioksidantlik, antimikroblik, pH ga nisbatan rang o‘zgarishi, adgeziya va migratsiya kabi ko‘rsatkichlar bo‘yicha tavsiflanadi.

Anor po‘sti ekstrakti bio-qoplamada antioksidant komponent sifatida emas, balki qoplamaning funktsional xususiyatlarini o‘zgartiruvchi aktiv ingredient sifatida ham ishtirok etadi. Ekstrakt miqdorining ortishi polifenol kontsentratsiyasini oshirishi mumkin, biroq yuqori kontsentratsiya qoplamaning rangi, shaffofligi, mexanik xususiyatlari va suv bug‘i o‘tkazuvchanligiga ta’sir qilishi mumkin.

Antotsianinli intellektual tizimlarda ham indikator kontsentratsiyasi signal sezgirligi va rang barqarorligi o‘rtasidagi muvozanatni belgilaydi. SHuning uchun indikator kontsentratsiyasi, matritsa tarkibi va saqlash sharoitlari eksperimental ravishda optimallashtirilishi zarur.

Ilmiy yangilik

- anor po‘sti chiqindisini funktsional ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta baholash;
- biofaol ekstraktni bio-qoplama matritsasiga integratsiya qilish;
- bio-qoplamaning aktiv va intellektual funktsiyalarini bir tizimda birlashtirish;
- anor mevasining saqlanish holatini vizual monitoring qilish imkoniyatini yaratish;
- chiqindisiz va tsirkulyar oziq-ovqat texnologiyasi tamoyillarini qo‘llash.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kumar N., Daniloski D., Pratibha et al. Pomegranate peel extract – A natural bioactive addition to novel active edible packaging. Food Research International. 2022;156:111378. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.111378.
2. Recent advances in anthocyanin-based films and its application in sustainable intelligent food packaging: A review. Food Control. 2024;162:110431. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.110431.
3. Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. Journal of Agriculture and Food Research. 2022;9:100340. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100340.
4. Recent advances in the development and application of anthocyanin-based intelligent active food packaging: a review. Food Chemistry. 2025;492:145309. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.145309.