

QISHLOQ XO'JALIGI FANLARI / AGRICULTURAL SCIENCES

UO'K: 628.35:57.04:636.5

<https://doi.org/10.70769/2181-4732.ITJ.2025-4.18>

**ANOR PO'STLOG'IDAN BIOFAOL QO'SHIMCHA OLIISHNING INNOVATSION
EKSTRAKSIYA TEXNOLOGIYASI**

Mirzayeva Diloobar Abdukaxarovna¹ – biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent,
ORCID: 0000-0002-0410-980X, E-mail: m.dilobar@mail.ru;

Safoxonova Azizaxon Nodirxo'ja qizi¹ – magistrant;

Sagdiyev Xasan Turdi o'g'li² – katta o'qituvchi, E-mail: xasan.sagdiyev@mail.ru

¹Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent sh., O'zbekiston

²Qarshi davlat texnika universiteti, Qarshi sh., O'zbekiston

Annotatsiya. Mazkur ilmiy maqolada O'zbekiston sharoitida keng tarqalgan *Punica granatum L. turiga* mansub "Qizil Anor" po'stlog'i asosida biofaol qo'shimcha olish texnologiyasi o'rganildi. Xom ashyodan polifenollar, ellag kislotasi, taninlar va boshqa biofaol birikmalarni maksimal darajada ajratib olish maqsadida an'anaviy suv–spirt ekstraksiyasi, ultratovushli ekstraksiya (UAE) hamda mikrotovushli ekstraksiya (MAE) texnologiyalari taqqoslandi. Olingan ekstraktlarning antioksidant faolligi DPPH, FRAP va ABTS metodlari orqali baholandi. Quritish texnologiyalari – purkab quritish va liofillizatsiya – yakuniy biofaollikni saqlash darajasi bo'yicha solishtirildi. Olingan ilmiy natijalar anor po'stlog'idan yuqori qiymatli biofaol qo'shimchalar ishlab chiqarish texnologiyasini optimallashtirish uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: Anor po'stlog'i, polifenollar, ellag kislotasi, ekstraksiya, MAE, UAE, Soxhlet, liofillizatsiya, biofaol qo'shimcha, antioksidant faollik, DPPH, FRAP, ABTS.

УДК: 628.35:57.04:636.5

**ИННОВАЦИОННАЯ ЭКСТРАКЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
БИОАКТИВНОЙ ДОБАВКИ ИЗ КОЖУРЫ ГРАНАТА**

Мирзаева Дилобар Абдукахаровна¹ – доктор философии по биологическим наукам, доцент;

Сафохонова Азизахон Нодирхужа кизи¹ – магистрант;

Сагдиев Хасан Турди угли² – старший преподаватель

¹ Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
г.Ташкент, Узбекистан

²Каршинский государственный технический университет, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В данной научной статье изучена технология получения биоактивной добавки из кожуры граната (*Punica granatum L.*), широко выращиваемого в климатических условиях Узбекистана. Для максимального извлечения полифенолов, эллаговой кислоты, танинов и других биологически активных соединений были сравнены традиционная водно-спиртовая экстракция, ультразвуковая экстракция (UAE) и микроволновая экстракция (MAE). Антиоксидантная активность полученных экстрактов оценивалась методами DPPH, FRAP и ABTS. Технологии сушки–распылительная сушка и лиофилизация – были сопоставлены с точки зрения сохранения биоактивности. Полученные данные имеют практическое значение для оптимизации технологий производства высокоценных биоактивных добавок из кожуры граната.

Ключевые слова: кожура граната, полифенолы, эллаговая кислота, экстракция, MAE, UAE, Соклет, лиофилизация, биоактивная добавка, антиоксидантная активность, DPPH, FRAP, ABTS.

UDC: 628.35:57.04:636.5

**INNOVATIVE EXTRACTION TECHNOLOGY FOR OBTAINING A BIOACTIVE
SUPPLEMENT FROM POMEGRANATE PEEL**

Mirzayeva, Diloobar Abdukakhorovna¹ – Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences,
Associate Professor;

Safakhonova, Aziza Nodirkhuja kizi¹ – Master's Student;

Sagdiev, Hasan Turdi ugli² – Senior Lecturer

¹Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent city, Uzbekistan

²Karshi State Technical University, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. *This study investigates the technology for obtaining a bioactive supplement from pomegranate peel (*Punica granatum* L.), a widely cultivated fruit in the climatic conditions of Uzbekistan. To maximize the extraction of polyphenols, ellagic acid, tannins, and other bioactive compounds, traditional hydroalcoholic extraction, ultrasonic extraction (UAE), and microwave-assisted extraction (MAE) were compared. The antioxidant activity of the extracts was evaluated using DPPH, FRAP, and ABTS assays. Drying methods – spray drying and freeze-drying – were assessed for their effectiveness in preserving bioactivity. Overall, the findings have practical significance for optimizing the production of high-value bioactive supplements derived from pomegranate peel.*

Keywords: *pomegranate peel, polyphenols, ellagic acid, extraction, MAE, UAE, Soxhlet, freeze-drying, bioactive supplement, antioxidant activity, DPPH, FRAP, ABTS.*

Kirish

Anor (*Punica granatum* L.) O'zbekistonning issiq iqlimli hududlarida keng yetishtiriladigan, kimyoviy tarkibi biologik faol moddalarga boy bo'lgan qimmatli meva hisoblanadi. Anor sharbatini qayta ishlash sanoatida katta miqdorda po'stlog' chiqindisi hosil bo'ladi. Ushbu chiqindining qayta ishlanmasdan tashlab yuborilishi ekologik yuklama keltirib chiqaradi va foydali bioaktiv birikmalarning yo'qolishiga sabab bo'ladi. Ayniqsa, anor po'stlog'i tarkibida polifenollar, ellag kislotasi, punikalagin, flavonoidlar, taninlar va boshqa antioksidant xususiyatlarga ega moddalarning yuqori konsentratsiyasi mavjud bo'lib, ular asosida biofaol qo'shimcha ishlab chiqarish hozirgi kunda dolzarb ilmiy-amaliy yo'nalish hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidenti tomonidan qabul qilingan so'nggi yillardagi qaror va farmonlarda agrosanoat xomashyosini chuqur qayta ishlash, ekologik barqarorlikni ta'minlash, qayta tiklanuvchi bioresurslar salohiyatidan samarali foydalanish masalalariga alohida urg'u berilgan. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 11-avgustdagi "Chiqindilar bilan bog'liq ishlarni tashkil etish tizimini isloh qilish bo'yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to'g'risida"gi PF-189-son Farmonida ".....chiqindilar bilan bog'liq ishlarni amalga oshirishda ko'rsatilgan xizmatlar uchun to'lovlar tizimini takomillashtirish, sanitar tozalash korxonalarini yanada qo'llab-quvvatlash..." bo'yicha vazifalar belgilab berilgan. Bu esa o'z navbatida anor po'stlog'i kabi agrosanoat chiqindilarini biofaol qo'shimchalar olishda xom ashyo sifatida ishlatish imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi. Yuqorida qayd etilgan normativ-huquqiy asoslar mamlakatda qayta ishlanadigan o'simlik xomashyosi anor po'stlog'idan ellag kislotasi va polifenollarni ajratib olish, ularning ekstraksiya sharoitlarini optimallashtirish, bioaktivlikni maksimal saqlovchi quritish hamda konsentratsiya texnologiyalarini ishlab chiqish ilmiy-amaliy ahamiyatga molik hisoblanadi.

Adabiyotlarning tahlili

Ma'lumki, dunyoda o'simlik xomashyosi asosida bioaktiv moddalar olish va ular asosida parhez qo'shimchalar ishlab chiqarish sohasi jadallik bilan rivojlanmoqda. Ayniqsa, anor (*Punica granatum* L.) mevasi va uning po'stlog'i yuqori antioksidant faollikka ega bo'lgan polifenollar manbai sifatida alohida e'tirof etiladi. Ilmiy manbalarda anor po'stlog'ida polifenollar 30–40% gacha, ellag kislotasi 3–10%, taninlar 12–20% atrofida ekanligi ma'lum qilingan [1–3].

Shuningdek, anor po'stlog'idan olingan ekstraktlarda punikalagin, gallotanillar va flavonoidlar yuqori miqdorda uchrashi ko'rsatilgan bo'lib, ular kuchli antioksidant, yallig'lanishga qarshi va antimikrob faollikka ega ekani qayd etilgan [4–6]. Seeram va hammualliflar (2006) tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlarda anor po'stlog'i mevaga nisbatan 10–20 barobar ko'proq polifenollar saqlashi aniqlangan, bu esa po'stlog'ni qimmatli biologik resurs sifatida baholashga asos bo'ladi [7]. So'nggi yillarda olib borilgan ishlar anor po'stlog'i ekstraktlarining antioksidant faolligi

DPPH, FRAP va ABTS kabi standart metodlar asosida baholanganini, ularning faolligi polifenol tarkibi bilan bevosita bog‘liq ekanini ko‘rsatadi [8, 9]. Xususan, punnikalagin moddasining turli biologik tizimlarda kuchli antiradikal xususiyat namoyon qilishi haqida ma‘lumotlar berilgan [10, 11]. Adabiyotlarda anor po‘stlog‘idan biofaol qo‘shimchalar olishda turli ekstraksiya texnologiyalar qo‘llanilgani ko‘rsatilgan. Bunda 50–70% etanol, suv-spirt aralashmasi hamda ultratovushli ekstraksiya (UAE), mikrotovushli ekstraksiya (MAE) kabi innovatsion usullar orqali polifenollar chiqishi 30–50% ga oshishi ma‘lum qilingan [12–14]. Shu bilan birga, liofillizatsiya (muzlatib quritish) usuli bilan quritilgan ekstraktlarda antioksidant faollik pasaymasdan saqlanishi ta‘kidlanadi [15].

Jahon amaliyotida anor po‘stlog‘idan tayyorlangan biofaol qo‘shimchalarning immunomodulyator, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, gastroprotektor va potentsial antikantserogen ta‘siri bo‘yicha ham qator ilmiy ishlanmalar mavjud [16–18]. Ayrim manbalarda anor po‘stlog‘i ekstraktlarining bakteriyalarga qarshi (*Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Salmonella spp.*) va zamburug‘larga qarshi yuqori faolligi aniqlangan [19, 20]. Shuningdek, anor po‘stlog‘idan olingan polifenollar, xususan ellag kislotasi va taninlar, oziq-ovqat sanoatida tabiiy antioksidant, konservant, emulsiya barqarorlashtiruvchi modda sifatida qo‘llanishi mumkinligi qayd etilgan [21]. Ba‘zi manbalarda esa anor po‘stlog‘i ekstraktining farmatsevtika va kosmetologiya sohasida teri hujayralarini tiklovchi va qarish jarayoniga qarshi komponent sifatida qo‘llanishi ko‘rsatib berilgan [22, 23].

Adabiyotlarni tahlil qilganda, turli manbalarda anor po‘stlog‘idagi polifenollar, taninlar va ellag kislotasi miqdori bir xil emasligi kuzatiladi. Jumladan, turli tadqiqotlarda polifenollar miqdori 25–40% [24], 33,2% [25], 38,7% [26], ba‘zi ishlarda esa 45% gacha ekani qayd etilgan. Bu farq ularning o‘lish hududi, agrotexnika sharoitlari, xomashyoni tayyorlash usuli, ekstraksiya sharoitlari hamda erituvchi turiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shuningdek, anor po‘stlog‘idan olingan polifenollar tarkibidagi asosiy fraksiyalar — punnikalagin, ellag kislotasi va gallotaninlar — turli manbalarda bir-biridan farq qilgan holda keladi [27–29]. Ularning sifat va miqdordagi farqi mineral tarkib, iqlim, tuproq xususiyatlari, vegetatsiya davri va qayta ishlash texnologiyasiga bog‘liq ekani ilmiy asoslangan.

Ishning maqsadi — anor po‘stlog‘i tarkibidagi polifenollar, ellagitanninlar va boshqa biologik faol birikmalarni maksimal darajada ajratib olishga imkon beruvchi texnologik parametrlarni ilmiy asoslash, optimal ekstraksiya rejimlarini aniqlash hamda yuqori biofaollikka ega bo‘lgan tayyor biofaol qo‘shimcha olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

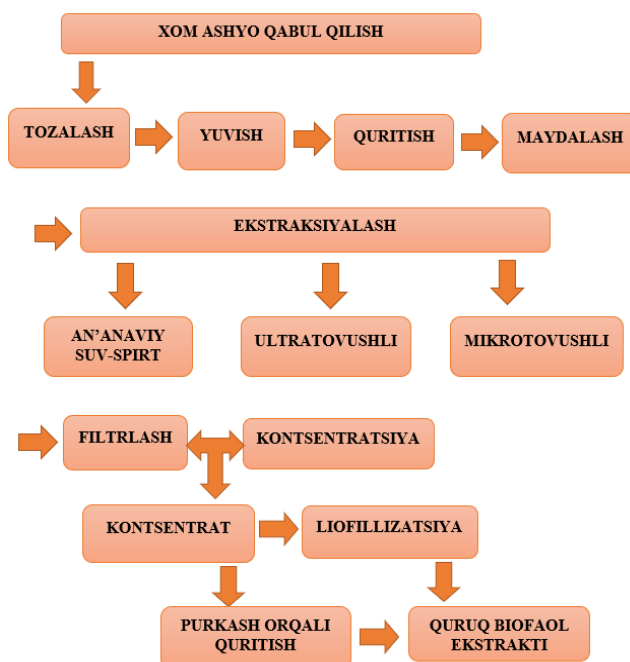
Tadqiqot metodologiyasi

Anor po‘stlog‘idan biologik faol moddalarni ajratib olish, ularning tarkibiy va biofaollik xususiyatlarini baholash hamda yakuniy biofaol qo‘shimchaning sifat ko‘rsatkichlarini aniqlashga qaratilgan kompleks ilmiy yondashuvni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot jarayoni bir necha ketma-ket texnologik bosqichlarda amalga oshirildi (1-rasm).

Birinci bosqichda xomashyo sifatida olingan anor po‘stloqlari meva sanoati chiqindisidan ajratib olinib, mexanik aralashmalar va tashqi iflosliklardan tozalandi. Po‘stloqlar 2–3 marotaba oqib turgan suvda yuvildi, 1–2 sm o‘lchamdagi bo‘laklarga bo‘linib, 45–50 °C haroratdagi konveksion quritgichda to‘liq quritildi. Quritilgan namunalardan olingan quruq po‘stloq maydalagich yordamida 0,5–1 mm o‘lchamdagi kukun holiga keltirildi, bu esa keyingi ekstraksiya jarayonining samaradorligini oshirishga xizmat qildi.

Keyingi bosqichda xomashyodan biologik faol moddalarning maksimal miqdorda ajralib chiqishini ta‘minlash maqsadida bir nechta ekstraksiya metodlari qo‘llanildi. An‘anaviy suv-spirt asosidagi ekstraksiya jarayonida erituvchi sifatida 50–70% etanol eritmasi tanlanib, erituvchi va xomashyo nisbati 10:1 ko‘rinishida belgilandi. Ekstraksiya 45–60 °C haroratda, 2–3 soat davomida, magnit aralashtirgichda aralashtirish sharoitida olib borildi. Shuningdek, polifenollar chiqishini tezlashtirish va energiya sarfini kamaytirish maqsadida ultratovushli ekstraksiya (UAE) usuli qo‘llanilib, jarayon 40 kHz chastotada, 45 °C haroratda 20–40 daqiqa davom ettirildi. Ekstraksiyaning samaradorligini solishtirish uchun mikrotovushli ekstraksiya (MAE) usuli ham

tatbiq qilinib, 400–600 W quvvatda, 5–15 daqiqa davomida suv-spirt aralashmasi bilan ishlov berildi. Bu usullarning qo'llanishi ekstraksiya vaqtini qisqartirish va biofaol moddalar chiqimini optimallashtirish imkonini berdi.



1-rasm. Anor po'stlog'i asosida biofaol qo'shimcha olish texnologik sxemasi.

Olingan ekstraktlar filtrlanib, 45–50 °C haroratda vakuum ostida konsentratsiya qilindi. Konsentratsiya jarayonida namunadagi umumiy qattiq modda miqdori (TDS) refraktometr yordamida aniqlab borildi. Yakuniy quruq ekstrakt olish maqsadida ikki xil quritish texnologiyasi qo'llandi. Purkash orqali quritishda kirish harorati 150–170 °C, chiqish harorati 70–80 °C darajada ushlab turildi hamda kapsulyatsiya jarayonini yaxshilash uchun 5–10% maltodekstrin qo'shildi. Liofillizatsiya (muzlatib quritish) usulida esa ekstrakt – 40 °C haroratda muzlatilib, 48 soat davomida sublimatsiya qilingan bo'lib, bu texnologiya bioaktivlikni maksimal darajada saqlash imkonini berdi.

Tadqiqotning navbatdagi bosqichida olingan ekstraktlarning biokimyoviy tarkibi va biologik faolligi bir qator analitik usullar yordamida baholandi. Umumiy polifenollar miqdori Folin–Ciocalteu reaktivi asosida aniqlanib, natijalar mg GAE/g ko'rinishida ifodalandi. Ellag kislotasi yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) orqali aniqlangan bo'lib, olingan ekstraktlarning antioksidant salohiyati DPPH, FRAP va ABTS testlari yordamida baholandi. Taninlar miqdori esa Folin–Denis yoki vanilin reaksiya metodlari asosida o'lchandi.

Barcha analitik o'lchovlar uch marotaba takrorlab bajarildi va o'rtacha qiymatlar $\pm$ standart og'ish (SD) ko'rinishida ifodalandi. Olingan natijalarning ishonchlik darajasi ANOVA statistik tahlili orqali 95% ishonch oralig'ida baholandi.

Tahlil va natijalar

Tadqiqot davomida *Punica granatum L.* turiga mansub “Qizil Anor” po'stlog'i asosida olingan ekstraktlar kimyoviy tarkibi, biologik faolligi va texnologik usullar samaradorligi bo'yicha baholandi. Ekstraksiya usullari bo'yicha polifenollar va ellag kislotasi miqdorida sezilarli farqlar kuzatildi. Natijalar quyidagi jadvallarda jamlangan.

1-jadval

Ekstraksiya usullariga ko'ra umumiy polifenollar miqdori

Ekstraksiya usuli	Polifenollar miqdori, mg GAE/g	O'zgarish darajasi
An'anaviy suv–spirt ekstraksiyasi (50–70% EtOH)	185–220	–
UAE (Ultratovushli ekstraksiya)	260–310	+30–40%
MAE (Mikrotovushli ekstraksiya)	320–360	+45–60%

Izoh: MAE texnologiyasi polifenollar chiqimini eng yuqori darajada oshirgan.

2-jadval

Ellag kislotasi miqdorining ekstraksiya usullariga bog'liqligi

Ekstraksiya usuli	Ellag kislotasi, mg/g	Farqi
An'anaviy ekstraksiya	18–22	–
UAE	25–30	+6–10 mg/g
MAE	32–38	+12–16 mg/g

Izoh: ellag kislotasi MAE sharoitida maksimal darajada ajralib chiqqan.

3-jadval

Antioksidant faollik natijalari (DPPH, FRAP, ABTS)

Usul	DPPH, %	FRAP, $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$	ABTS, %
An'anaviy	55–62	420–480	58–65
UAE	68–74	550–610	70–78
MAE	78–85	690–760	82–90

Izoh: MAE $\rightarrow$ UAE $\rightarrow$ An'anaviy tartibida faollik oshishi aniqlandi.

4-jadval

Quritish texnologiyalarining biofaollikka ta'siri

Quritish usuli	Polifenollar yo'qotilishi	Biofaollikning saqlanishi
Purkab quritish	15–20%	O'rtacha
liofillizatsiya (muzlatib quritish)	3–7%	Yuqori

Izoh: biofaollikni maksimal saqlovchi usul — liofillizatsiya.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, O'zbekiston sharoitida keng yetishtiriladigan *Punica granatum L.* ("Qizil Anor") po'stlog'i yuqori konsentratsiyadagi polifenollar, ellag kislotasi, taninlar va ellagitanninlar manbai sifatida biofaol qo'shimchalar ishlab chiqarishda istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Xomashyoni dastlabki mexanik tayyorlash, quritish va maydalash jarayonlarining ilmiy asosda tashkil etilishi keyingi texnologik bosqichlarning samaradorligini sezilarli darajada oshirdi.

Ekstraksiya texnologiyalarini taqqoslashdan ma'lum bo'ldiki, mikrotovushli ekstraksiya (MAE) polifenollar va ellag kislotasining maksimal darajada ajralib chiqishini ta'minlaydi va an'anaviy hamda ultratovushli usullarga nisbatan 45–60% yuqori samaradorlikka ega. Antioksidant faollikni baholovchi DPPH, FRAP va ABTS testlari ham MAE usulida olingan ekstraktlarning eng yuqori biofaollikka ega ekanini tasdiqladi. Quritish bosqichida liofillizatsiya texnologiyasi polifenollar yo'qotilishini minimal darajada saqlab qoldi (3–7%), natijada yakuniy mahsulotning bioaktivligi yuqori bo'lib qoldi.

Umuman olganda, anor po'stlog'i asosida biofaol qo'shimcha olish bo'yicha ishlab chiqilgan texnologik yechimlar sanoat miqyosiga tadbiq etish imkoniyatiga ega bo'lib, mahalliy xomashyo resurslaridan samarali foydalanishni ta'minlaydi va eksportbop ekologik toza parhez qo'shimchalar ishlab chiqarishga zamin yaratadi.

Adabiyotlar

- [1] O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 11-avgustdagi PF-189-sonli "Chiqindilar bilan bog'liq ishlarni tashkil etish tizimini isloh qilish bo'yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to'g'risida"gi Farmoni. Toshkent: O'zbekiston Respublikasi Prezidentining rasmiy hujjatlari.
- [2] Afaq, F., Saleem, M., & Mukhtar, H. (2005). Pomegranate fruit extract is a potent inhibitor of UVB-mediated oxidative stress and markers of photoaging in human skin. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, 82(1), 22–31.
- [3] Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(10), 4581–4589.
- [4] Elfalleh, W., Ying, M., Nasri, N., et al. (2012). Pomegranate peel as natural antioxidant source for food preservation. *Food Chemistry*, 132, 921–925.

- [5] Seeram, N. P., Adams, L. S., Henning, S. M., et al. (2006). Pomegranate ellagitannin-derived metabolites inhibit prostate cancer cell growth. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(6), 360–365.
- [6] Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Pomegranate and its health benefits. *Journal of Food Science*, 75(7), R113–R120.
- [7] Ismail, T., Sestili, P., & Akhtar, S. (2012). Pomegranate peel and fruit extracts: A review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *Journal of Ethnopharmacology*, 143(2), 397–405.
- [8] Singh, B., & Singh, J. P. (2018). Antioxidant and antimicrobial potential of pomegranate peel extracts. *Food Bioscience*, 26, 89–99.
- [9] Al-Zoreky, N. S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate peel extract. *International Journal of Food Microbiology*, 134(3), 244–248.
- [10] Li, Y., Guo, C., Yang, J., et al. (2006). Evaluation of antioxidant activity of pomegranate peel extract and its protective effect on oxidative stress. *Food Chemistry*, 95(3), 380–387.
- [11] Zhang, L., Li, J., & Hogan, S. (2011). Antioxidant properties and phenolic compositions of pomegranate peel extracts. *Journal of Food Science*, 76(6), C795–C801.
- [12] Çam, M., & Hışıl, Y. (2010). Pressurized water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food Chemistry*, 123(3), 878–885.
- [13] Mphahlele, R. R., Stander, M. A., & Fawole, O. A. (2014). Phenolic composition and antioxidant capacity of pomegranate peel extracts obtained with MAE and UAE. *Food and Bioprocesses Processing*, 92(3), 493–499.
- [14] Mirzaei, H., Azizi, M. H., & Amiri, S. (2016). Microwave-assisted extraction of bioactive compounds from pomegranate peel. *Journal of Food Process Engineering*, 39(5), 1–10.
- [15] Pan, Z., Qu, W., & Ma, H. (2012). Extraction modeling and optimization of ellagic acid from pomegranate peel using ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19(2), 276–281.
- [16] Fawole, O. A., Opara, U. L. (2016). Preservation of polyphenols during freeze-drying of pomegranate peel extract. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(5), 1034–1042.
- [17] Jurenka, J. (2008). Therapeutic applications of pomegranate. *Alternative Medicine Review*, 13(2), 128–144.
- [18] Kanatt, S. R., Chander, R., & Sharma, A. (2010). Antioxidant and antimicrobial activity of pomegranate peel extract in food systems. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 817–828.
- [19] Lansky, E. P., & Newman, R. A. (2007). Pomegranate as a source of bioactive compounds in health promotion. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(2), 177–206.
- [20] Mousavinejad, G., Emam-Djomeh, Z., Rezaei, K., & Rouhani, M. (2016). Antimicrobial activity of pomegranate peel extract against pathogenic bacteria. *Food Control*, 60, 72–80.
- [21] Tehranifar, A., Zare, M., & Khayamim, S. (2011). Phenolic content and antioxidant activity of pomegranate peel extracts. *Scientia Horticulturae*, 129(3), 386–390.
- [22] Li, J., Feng, Y., & He, B. (2017). Tannins and ellagitannins from pomegranate peel as natural food preservatives. *Food Chemistry*, 233, 187–195.
- [23] Pirbalouti, A. G., Siahpoosh, A., & Setayesh, M. (2014). Cosmetic and dermatological applications of pomegranate peel polyphenols. *Industrial Crops and Products*, 58, 305–312.
- [24] Abdollahzadeh, S., Mashouf, R. Y., & Mortazavi, H. (2011). Antibacterial activity of pomegranate peel extract. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10(2), 285–289.
- [25] Kulkarni, A. P., & Aradhya, S. M. (2005). Chemical composition and antioxidant activity of pomegranate peel. *Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 286–290.
- [26] Özgün, H., & Taş, S. (2017). Comparison of phenolic content in pomegranate peel samples from different regions. *Food Analytical Methods*, 10, 1123–1130.
- [27] Derakhshan, Z., Ferrante, M., & Tadi, M. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity of pomegranate peel extracts. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 24588–24596.
- [28] Qu, W., Pan, Z., & Ma, H. (2010). Extraction of pomegranate peel polyphenols using innovative technologies. *Food Bioprocess Technology*, 3, 365–373.
- [29] Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate peel extract. *Food Chemistry*, 79(3), 371–383.
- [30] Gullon, B., Pintado, M. E., & Castro, P. (2016). Recovery of ellagitannins from pomegranate peel. *Journal of Food Engineering*, 187, 37–44.