

VALORIZACIJA TROPA JABUKE KAO ODRŽIVOG IZVORA BIOAKTIVNIH JEDINJENJA U PROIZVODNJI HRANE

Originalni naučni rad
DOI: 10.5937/GU_KORET26064M

Jelena Mitrović¹, Ivana Karabegović, Bojana Danilović

Departman za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju, Univerzitet u Nišu,
Tehnološki fakultet, Leskovac, Srbija

¹mitrovicj@tf.ni.ac.rs, ORCID: 0000-0002-8614-1650

APSTRAKT: Trop jabuke, kao značajan nusproizvod industrije prerade voća, nastaje u velikim količinama i često ostaje nedovoljno iskorišćen, što predstavlja ekološki i ekonomski izazov. Međutim, ova biomasa predstavlja vredan izvor bioaktivnih i nutritivno vrednih jedinjenja, uključujući dijetalna vlakna, fenolna jedinjenja i pektin, koja imaju značajan potencijal za primenu u prehrambenim sistemima. Valorizacija tropla jabuke u skladu je sa principima održivog upravljanja resursima i cirkularne ekonomije, omogućavajući transformaciju otpada niske vrednosti u funkcionalne sastojke visoke dodate vrednosti.

U radu je dat pregled hemijskog sastava tropla jabuke, sa posebnim osvrtom na njegove bioaktivne i nutritivno vredne komponente. Takođe, razmatra se mogućnost primene tropla jabuke u razvoju prehrambenih proizvoda.

Iskorišćenje tropla jabuke doprinosi smanjenju količine otpada i unapređenju efikasnosti korišćenja resursa, kao i razvoju inovativnih i nutritivno obogaćenih prehrambenih proizvoda.

Gljučne reči: trop jabuke, valorizacija, bioaktivna jedinjenja, održivi resursi, primena u prehrambenim sistemima

VALORIZATION OF APPLE POMACE AS A SUSTAINABLE SOURCE OF BIOACTIVE COMPOUNDS FOR FOOD APPLICATIONS

ABSTRACT: Apple pomace, a major by-product of the fruit processing industry, is generated in large quantities and is often underutilized, posing environmental and economic challenges. However, this biomass represents a valuable source of bioactive compounds, including dietary fiber, phenolic compounds and pectin, which have significant potential for application in food systems. The valorization of apple pomace aligns with the principles of sustainable resource management and the circular economy by converting low-value waste into high-value functional ingredients. This paper provides an overview of the chemical composition of apple pomace, with a focus on its bioactive and nutritionally valuable constituents. Furthermore, the potential application of apple pomace in the development of food products is discussed.

The utilization of apple pomace not only contributes to waste reduction and improved resource efficiency, but also supports the development of innovative and nutritionally enhanced food products.

Keywords: apple pomace, valorization, bioactive compounds, sustainable resources, food applications

1. UVOD

Savremena prehrambena industrija suočava se sa značajnim izazovima u pogledu upravljanja otpadom i održivog korišćenja resursa. Velike količine nusproizvoda nastaju tokom prerade voća i povrća, pri čemu se značajan deo ovih materijala nedovoljno iskorišćava ili se tretira kao otpad. Jedan od najzastupljenijih nusproizvoda jeste trop jabuke (eng. Apple Pomace), koji nastaje tokom proizvodnje sokova, koncentrata i drugih proizvoda na bazi jabuke. U procesu ceđenja i presovanja plodova pri proizvodnji soka od jabuke, udeo tropa može dostići i do 35% polazne sirovine (Vandruscolo i sar., 2008; Kumar & Sharma, 2017).

Trop jabuke predstavlja značajan izvor bioaktivnih i nutritivno vrednih komponenti, među kojima se posebno izdvajaju dijetalna vlakna i polifenolna jedinjenja. Dijetalna vlakna (rastvorljivi pektini i nerastvorljiva vlakna poput celuloze, hemiceluloza i lignina) i polifenolna jedinjenja (katehini, procijanidini, kafeinska i hlorogena kiselina, kvercetin, glikozide kvercetina i dr.) ispoljavaju značajna funkcionalna svojstva i potencijalno korisne efekte na zdravlje (Sun et al., 2017).

Neadekvatno odlaganje tropa jabuke može dovesti do povećanja organskog opterećenja životne sredine. Međutim, savremeni pristupi ukazuju na mogućnost njegove valorizacije kroz izdvajanje i primenu funkcionalnih sastojaka u prehrambenoj industriji (Vandruscolo i sar., 2008; Dhillon i sar., 2013).

U kontekstu održivog razvoja i cirkularne ekonomije, valorizacija agroindustrijskih nusproizvoda predstavlja važnu strategiju za smanjenje otpada i povećanje efikasnosti korišćenja resursa (Mirabella i sar., 2014). Ovaj rad ima za cilj da prikaže potencijal tropa jabuke kao održivog izvora bioaktivnih jedinjenja, kao i mogućnosti njegove primene u proizvodnji hrane.

2. HEMIJSKI SASTAV TROPA JABUKE

Trop jabuke (eng. apple pomace) je heterogena mešavina koja se sastoji od pokožice i delova pulpe (70 - 76 %), semenke (2,2 - 3,3 %), peteljke (0,4 - 0,9%) (Carson et al., 1994). Karakteriše ga visok sadržaj ugljenih hidrata, dijetalnih vlakana, fenolnih jedinjenja i pektina, dok su proteini, lipidi i mineralne materije prisutni u manjim količinama (Vandruscolo i sar., 2008; Schieber i sar., 2001). Hemijski sastav tropa jabuke je određen brojnim studijama (Tabela 1) i pokazuje varijacije u zavisnosti od sorte, agroekoloških uslova i tehnološkog procesa prerade.

Ugljeni hidrati u tropu jabuke uglavnom se sastoje od nerastvorljivih strukturnih polisaharida, uključujući celulozu (7,2 - 43,6% w/w) i hemicelulozu (4,26 - 24,40% w/w), uz prisustvo jednostavnih šećera kao što su glukoza (22,7%), fruktoza (23,6%) i galaktoza (6% - 15%). Pored toga, trop jabuke sadrži i značajne količine lignina (15,3 - 23,5% w/w) (Dhillon i sar., 2013).

Tabela 1: Hemijski sastav tropa jabuke

Komponenta (%) ¹	Wang i sar. (2019)	Joshi i sar. (1996)	Jin i sar. (2002)	Jannati i sar. (2018)	Ktenioudaki i sar. (2013)	Dhillon i sar. (2013)
Vlaga	4,4	3,97	5,8	10,5	7,1	-
Proteini	3,8	5,8	4,7	1,2	2,4	2,9-5,7
Lipidi	3,8	3,9	4,2	0,6	2,7	1,20-3,9
Ugljeni hidrati	45,1	48	83,8	-	-	48,0-83,8

Ukupna dijetalna vlakna	26,5	14,7	-	14,5	42,5	4,7-51,10
Pepeo	1,8	1,82	1,5	2,5	1,7	-

¹ Na osnovu suve mase

Dijetalna vlakna predstavljaju dominantnu komponentu tropa jabuke i imaju značajnu ulogu u regulaciji funkcije digestivnog sistema i prevenciji različitih oboljenja. Ukupan sadržaj dijetalnih vlakana može dostići i do 60% suve materije tropa, pri čemu u sastavu dominiraju celuloza, hemiceluloza i lignin, uz značajan udeo pektina. Ovakav sastav doprinosi funkcionalnim i nutritivnim svojstvima tropa jabuke, čineći ga značajnom sirovinom za unapređenje nutritivne vrednosti prehrambenih proizvoda (Issar i sar., 2017).

Pektin je vrsta rastvorljivog vlakna i ima izražena tehnološka svojstva, uključujući sposobnost formiranja gelova i stabilizacije emulzija. Njegov sadržaj u tropu jabuke kreće se u opsegu od 10% do 20% suve materije, u zavisnosti od sorte jabuke i uslova prerade. Pektin nalazi široku primenu u prehrambenoj industriji kao želirajuće sredstvo, emulgator i zgušnjivač u različitim proizvodima, uključujući konditorske i pekarske proizvode, jogurte i napitke (Wang, 2014; Thakur i sar., 1997; Shashi i sar., 2008). Ekstrakcija pektina iz tropa jabuke može se smatrati efikasnim načinom iskorišćenja tropa.

Pored toga, u tropu jabuke su identifikovani i određeni minerali, kao što su fosfor (0,07% do 0,076%), kalcijum (0,06% do 0,1%), magnezijum (0,02% do 0,36%) i gvožđe (31,8 do 38,3 mg/kg suve materije) (Will i sar., 2006).

Trop jabuke takođe karakteriše visok sadržaj polifenola. Fenolni ekstrakti iz tropa jabuke uglavnom sadrže flavonoide (izoramnetin, kempferol, kvercetin, ramnetin, epikatehin) i fenolne kiseline (hlorogena kiselina, kafeinska kiselina, ferulinska kiselina, *p*-kumarska kiselina i sinapijska kiselina). Ova jedinjenja mogu uticati na organoleptička svojstva prehrambenih proizvoda (boja, ukus i miris), kao i na njihovu antioksidativnu aktivnost (Schieber i sar., 2003; Rana i sar., 2015). Njihovo prisustvo doprinosi potencijalnim zdravstvenim benefitima, uključujući smanjenje oksidativnog stresa i prevenciju hroničnih bolesti (Wolfe i Liu, 2003). Zbog toga se mogu koristiti kao funkcionalni sastojci i prirodni antioksidansi.

Shodno tome, trop jabuke ima značajnu nutritivnu vrednost i može doprineti zdravstvenim benefitima, što ukazuje na njegov potencijal primene kao inkorporativne komponente u prehrambenoj industriji.

3. METODE VALORIZACIJE TROPA JABUKE

Valorizacija tropa jabuke obuhvata različite pristupe usmerene na maksimalno iskorišćenje njegovih vrednih komponenti. Najčešće se primenjuju metode ekstrakcije bioaktivnih jedinjenja, sušenja i dalje prerade u funkcionalne sastojke.

Sušenje tropa jabuke predstavlja važan korak u njegovoj stabilizaciji i produženju roka trajanja, jer smanjuje sadržaj vlage i inhibira razvoj mikroorganizama. Na ovaj način dobija se prah bogat dijetalnim vlaknima i bioaktivnim jedinjenjima, koji se može koristiti kao dodatak u različitim prehrambenim proizvodima. Pored toga, sušeni trop predstavlja pogodnu sirovinu za dalju preradu i izdvajanje pojedinačnih komponenti (Wijngaard i sar., 2010; Wang i sar., 2014).

Ekstrakcija bioaktivnih jedinjenja može se vršiti primenom različitih rastvarača, pri čemu izbor metode utiče na prinos i sastav ekstrakta. Pored konvencionalnih metoda (maceracija, Soxhlet i refluks ekstrakcija, kiselinna ekstrakcija i dr.), sve veći značaj imaju savremene, tzv. „zelene“ tehnologije (ekstrakcija potpomognuta ultrazvučnim talasima, ekstrakcija potpomognuta mikrotalasima, ekstrakcija subkritičnom vodom, superkritična CO₂ ekstrakcija, ekstrakcija potpomognuta enzimima i dr.) koje omogućavaju efikasnu ekstrakciju uz smanjenu upotrebu organskih rastvarača, kraće vreme procesa i manji uticaj na životnu sredinu. Ovi pristupi doprinose održivosti celokupnog procesa valorizacije (Alberti i sar., 2014; Wijngaard i Brunton, 2010; Oszmianski i sar., 2011; Bai i sar., 2010; Min i sar., 2010).

4. PRIMENA TROPA JABUKE U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI

Zahvaljujući visokom sadržaju dijetalnih vlakana, pektina, fenolnih jedinjenja i drugih nutritivno vrednih komponenti, trop jabuke se smatra značajnim sastojkom u razvoju prehrambenih proizvoda. Međutim, njegova primena može dovesti do određenog pogoršanja tehnoloških i senzorskih svojstava, zbog čega je neophodno pažljivo optimizovati količinu dodatka.

Najveća primena tropa jabuke zabeležena je u pekarskim proizvodima, kao što su hleb, kolači, mafini i keks. U proizvodnji hleba, dodatak tropa doprinosi povećanju sadržaja dijetalnih vlakana i antioksidanasa, ali istovremeno može dovesti do smanjenja zapremine i promene teksture proizvoda. Istraživanja pokazuju da umerene količine (oko 3–5%) omogućavaju prihvatljiva senzorska svojstva i poboljšanje nutritivne vrednosti hleba (Jannati i sar., 2018; Masoodi i sar., 1998, 2002; Martins i sar. 2017). Keks i drugi proizvodi sa većim sadržajem šećera i masti pokazuju veću toleranciju prema dodatku tropa jabuke, čak i pri višim nivoima supstitucije. U ovim proizvodima dolazi do smanjenja glikemijskog indeksa, poboljšanja nutritivnog sastava i povećanja sadržaja vlakana i fenolnih jedinjenja, uz relativno dobru prihvatljivost kod potrošača (Jung i sar., 2015; Laukova i sar., 2016; Kohajdova i sar., 2014; De Toledo i sar., 2017; Alongi i sar., 2019; Mir i sar., 2017). Prisustvo tropa može pozitivno uticati i na aromu proizvoda (kolača), dajući karakterističan voćni ukus (Sudha i sar., 2007; Reis i sar., 2014). Slični efekti uočeni su i kod mafina (Sudha i sar., 2007).

Pored pekarskih proizvoda, trop jabuke nalazi primenu i u ekstrudiranim proizvodima, kao što su grickalice. Njegovo dodavanje utiče na povećanje nutritivne vrednosti i sadržaja antioksidanasa, dok efekti na teksturu zavise od uslova procesa ekstruzije (Stojceska i sar., 2010; Karkle i sar., 2012; Ačkar i sar., 2018).

U mesnim proizvodima, trop jabuke se koristi kao dodatak sa ciljem smanjenja udela masti i povećanja sadržaja vlakana. Ovi proizvodi često pokazuju smanjenu energetska vrednost i poboljšana funkcionalna svojstva (Huda i sar., 2014; Rather i sar., 2015; Verma i sar., 2010; Younis i sar., 2015, 2018).

Zbog visokog sadržaja pektina i aromatičnih jedinjenja, trop jabuke se uspešno primenjuje i u konditorskoj industriji, naročito u proizvodnji želea i džemova (Royer i sar., 2006).

U poslednje vreme, trop jabuke se sve više analizira i kao prirodni stabilizator u mlečnim proizvodima, posebno u jogurtu. Dodatak manjih količina tropa može poboljšati viskoznost, stabilnost gela i smanjiti sinerezu tokom skladištenja. Ipak, za širu primenu u ovoj grupi proizvoda neophodna su dalja istraživanja usmerena na optimizaciju formulacije i senzorsku prihvatljivost (Wanng i sar., 2019; Wang, 2018).

Pored navedenih primena, trop jabuke se može koristiti i u proizvodnji napitaka, dodataka ishrani i drugih inovativnih proizvoda, gde doprinosi unapređenju nutritivne vrednosti i funkcionalnih svojstava (Reis i sar., 2014).

5. ODRŽIVOST I CIRKULARNA EKONOMIJA

Valorizacija tropa jabuke predstavlja značajan doprinos održivom razvoju, jer omogućava efikasnije iskorišćenje nusproizvoda nastalih u industriji prerade voća. Na ovaj način smanjuje se količina organskog otpada, unapređuje efikasnost korišćenja resursa i stvaraju se mogućnosti za dobijanje proizvoda sa dodatom vrednošću.

U okviru koncepta cirkularne ekonomije, trop jabuke se transformiše iz otpada u vrednu sirovinu, čime se zatvara proizvodni ciklus i smanjuje potreba za korišćenjem primarnih resursa. Time se doprinosi racionalnijem upravljanju sirovinama, smanjenju opterećenja životne sredine i razvoju održivijih proizvodnih sistema.

Pored ekološkog, ovaj pristup ima i značajan ekonomski aspekt, jer omogućava prehrambenoj industriji da nusproizvode iskoristi za dobijanje vrednih sastojaka, kao što su dijetalna vlakna, pektin i fenolna jedinjenja. Na taj način se, umesto troškova zbrinjavanja otpada, stvaraju mogućnosti za razvoj inovativnih proizvoda i povećanje ukupne efikasnosti proizvodnje.

Ovakav pristup u skladu je sa savremenim principima održive proizvodnje hrane, koji podrazumevaju smanjenje otpada, bolje iskorišćenje postojećih resursa i primenu strategije „otpad kao sirovina“. Shodno tome, trop jabuke može se posmatrati kao primer uspešne primene principa cirkularne ekonomije u prehrambenom sektoru (Dhillon i sar., 2013; Mirabella i sar., 2014; Jin i sar., 2002).

6. ZAKLJUČAK

Trop jabuke predstavlja značajan agroindustrijski nusproizvod sa izraženim potencijalom za valorizaciju. Njegov bogat hemijski sastav, posebno u pogledu dijetalnih vlakana, fenolnih jedinjenja i pektina, omogućava široku primenu u razvoju nutritivno i funkcionalno unapređenih prehrambenih proizvoda.

Pored toga, integracija tropa jabuke u prehrambene sisteme u skladu je sa principima održivog razvoja i cirkularne ekonomije. Iako su dosadašnja istraživanja potvrdila njegov značajan potencijal, dalja istraživanja su neophodna u cilju optimizacije tehnoloških postupaka i unapređenja senzorskih svojstava proizvoda.

Zahvalnica

Rad je realizovan uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru Programa finansiranja naučnoistraživačkog rada, evidencioni broj 451-03-34/2026-03/200133.

LITERATURA

- [1] Alberti, A., Zielinski, A.A.F., Zardo, D.M., Demiate, I.M., Nogueira, A., Mafra, L.I. (2014). Extraction of phenolics from apples, *Food Chemistry*, 149, 151–158.
- [2] Alongi, M., Melchior, S., Anese, M. (2019). Reducing the glycemic index of short dough biscuits by using apple pomace as a functional ingredient, *LWT – Food Science and Technology*, 100, 300–305.
- [3] Ačkar, Đ., Jozinović, A., Babić, J., Miličević, B., Panak Balentić, J., Šubarić, D. (2018). Resolving the problem of poor expansion in corn extrudates enriched with food industry by-products, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 517–524.

- [4] Bai, X., Yue, T., Yuan, Y., Zhang, H. (2010). Microwave-assisted extraction of polyphenols, *Journal of Separation Science*, 33, 3751–3758.
- [5] Carson, K. J., Collins, J. L., & Penfield, M. P. (1994). Unrefined, Dried Apple Pomace as a Potential Food Ingredient, *Journal of Food Science*, 59(6), 1213–1215.
- [6] De Toledo, N.M.V., Nunes, L.P., da Silva, P.P.M., Spoto, M.H.F., Canniatti-Brazaca, S.G. (2017). Influence of fruit by-products on cookies: physicochemical and sensory aspects, *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 1185–1192.
- [7] Dhillon, G.S., Kaur, S., Brar, S.K. (2013). Apple processing wastes as substrates for high-value products, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 789–805.
- [8] Huda, A.B., Parveen, S., Rather, S.A., Akhter, R., Hassan, M. (2014). Effect of apple pomace on mutton nuggets quality, *International Journal of Advanced Research*, 2, 11.
- [9] Issar, K., Sharma, P.C., Gupta, A. (2017). Utilization of apple pomace in the preparation of fiber-enriched yoghurt, *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e13098.
- [10] Jannati, N., Hojjatolleslami, M., Hosseini, E., Mozafari, H.R., Siavoshi, M. (2018). Effect of apple pomace powder on dough properties, *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 10, 77–84.
- [11] Jin, H., Kim, H.S., Kim, S.K., Shin, M.K., Kim, J.H., Lee, J.W. (2002). Production of heteropolysaccharide from agro-industrial byproducts, *Enzyme and Microbial Technology*, 30, 822–827.
- [12] Joshi, V.K., Sandhu, D.K. (1996). Preparation and evaluation of an animal feed by-product produced by solid-state fermentation of apple pomace, *Bioresource Technology*, 56, 251–255.
- [13] Karkle, E.L., Alavi, S., Dogan, H. (2012). Cellular structure of extrudates with apple pomace, *Food Research International*, 46, 10–21.
- [14] Kohajdová, Z., Karovičová, J., Magala, M., Kuchtová, V. (2014). Effect of apple pomace powder on dough properties, *Chemical Papers*, 68, 1059–1065.
- [15] Ktenioudaki, A., O'Shea, N., Gallagher, E. (2013). Rheological properties of dough with apple pomace, *Journal of Food Engineering*, 116, 362–368.
- [16] Kumar, S., & Sharma, P. (2017). Process protocol for mechanical separation of fruit core and seeds from apple fruits. *International Journal of Farm Sciences*, 7(1), 147–153.
- [17] Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J. (2016). Effect of apple pomace powder on cookies, *Potravinárstvo*, 10.
- [18] Martins, Z.E., Pinho, O., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2017). Food industry by-products as functional ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 67, 106–128.
- [19] Masoodi, F.A., Chauhan, G.S. (1998). Use of apple pomace in wheat bread, *Journal of Food Processing and Preservation*, 22, 255–263.
- [20] Mir, S.A., Bosco, S.J.D., Shah, M.A., Santhalakshmy, S., Mir, M.M. (2017). Apple pomace in crackers, *Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16, 25–32.
- [21] Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2014). Valorization of food manufacturing waste, *Journal of Cleaner Production*, 65, 28–41.
- [22] Min, B., Bae, I.Y., Lee, H.G., Yoo, S.H., Lee, S. (2010). Apple pomace pectin as fat replacer, *Bioresource Technology*, 101, 5414–5418.
- [23] Oszmiański, J., Wojdyło, A., Kolniak, J. (2011). Extraction of antioxidant phenols, *Food Chemistry*, 127, 623–631.
- [24] Rana, S., Gupta, S., Rana, A., Bhushan, S. (2015). Functional properties of apple pomace, *Food Science and Human Wellness*, 4, 180–187.
- [25] Rather, S.A., Akhter, R., Masoodi, F.A., Gani, A., Wani, S.M. (2015). Apple pomace as fat replacer in meat products, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9, 389–399.
- [26] Reis, S.F., Rai, D.K., Abu-Ghannam, N. (2014). Apple pomace as functional ingredient, *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1743–1750.

- [27] Royer, G., Madieta, E., Symoneaux, R., Jourjon, F. (2006). Apple pomace and quince jelly production, *LWT – Food Science and Technology*, 39, 1022–1025.
- [28] Sun, L., Sun, J., Meng, Y., Yang, X., & Guo, Y. (2017). Purification, characterization, antioxidant and antitumour activities of polysaccharides from apple peel pomace obtained by pre-pressing separation. *International Journal of Food Engineering*, 13(3), 1–14.
- [29] Schieber, A., Stintzing, F., Carle, R. (2001). By-products as functional compounds, *Trends in Food Science and Technology*, 12, 401–413.
- [30] Shashi, B., Kalpana, K., Madhu, S., Bikram, S., Ahuja, P.S. (2008). Processing of apple pomace, *Critical Reviews in Biotechnology*, 28, 285–296.
- [31] Sudha, M.L., Baskaran, V., Leelavathi, K. (2007). Apple pomace in cake, *Food Chemistry*, 104, 686–692.
- [32] Thakur, B.R., Singh, R.K., Handa, A.K., Rao, M.A. (1997). Chemistry and uses of pectin, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37, 47–73.
- [33] Vendruscolo, F., Albuquerque, P.M., Streit, F., Esposito, E., Ninow, J.L. (2008). Apple pomace as substrate, *Critical Reviews in Biotechnology*, 28 (1), 1–12.
- [34] Verma, A.K., Sharma, B.D., Banerjee, R. (2010). Apple pomace in chicken nuggets, *LWT – Food Science and Technology*, 43, 715–719.
- [35] Wang, X., Chen, Q., Lü, X. (2014). Pectin extraction from apple pomace, *Food Hydrocolloids*, 38, 129–137.
- [36] Wang, X. (2018). Apple pomace in yogurt production, Master's thesis, University of Guelph.
- [37] Wang, X., Kristo, E., LaPointe, G. (2019). Apple pomace in yogurt, *Food Hydrocolloids*, 91, 83–91.
- [38] Wijngaard, H.H., Brunton, N. (2010). Extraction of antioxidants, *Journal of Food Engineering*, 96, 134–140.
- [39] Wolfe, K., Wu, X., Liu, R.H. (2003). Antioxidant activity of apple peels, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3), 609–614.
- [40] Will, F., Olk, M., Hopf, I., Dietrich, H. (2006). Characterization of Polyphenol Extracts from Apple Juice, *Deutsche Lebensmittel Rundschau*, 102, 297–302.
- [41] Younis, K., Ahmad, S. (2015). Apple pomace in sausages, *Cogent Food & Agriculture*, 1, 1119397.
- [42] Younis, K., Ahmad, S. (2018). Apple pomace in meat patties, *Buffalo Bulletin*, 37, 389–401.