

Mgr inż. Ludwika KAWECKA

Dr inż. Sabina GALUS

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Instytut Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, PolskaDepartment of Food Engineering and Process Management, Institute of Food Science
Faculty of Food Technology, Warsaw University of Life Science, Poland

WYTŁOKI OWOCOWE – CHARAKTERYSTYKA I MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA®

Fruit pomace – characteristics and possibilities of recycling®

W ostatnim czasie obserwuje się wzrost spożycia owoców i warzyw, jak również soków, przecierów, smoothie, których produkcja związana jest z powstawaniem wytlóków. Zagospodarowanie tych produktów odpadowych stanowi istotny problem w przetwórstwie spożywczym. Liczne badania dowodzą, iż wytloki owocowe stanowią cenne źródło wielu wartościowych substancji odżywczych. Ze względu na swoje właściwości rośnie popularność ich zastosowania w wielu gałęziach przemysłu, m.in. w produkcji pasz, herbat owocowych, wyrobów piekarniczych i wielu innych. W artykule omówiono owoce i ich przetwory, nowoczesne metody technologiczne w przetwarzaniu owoców, powstawanie wytlóków owocowych oraz możliwości ich zagospodarowania.

Słowa kluczowe: owoce, przetwarzanie owoców, wytloki owocowe, zagospodarowanie.

*Recently, there has been an increase in the consumption of fruit and vegetables, as well as juices, purees, and smoothies, the production of which is associated with the formation of pomace. The recycling of these waste products is a significant problem in food processing. Numerous studies prove that fruit pomace is a valuable source of many nutrients. Due to their beneficial properties, the popularity of their use in many industries is growing, including in the production of fodder, fruit teas, bakery products, and many more. **The article discusses fruit and their products, innovative methods of fruit processing, the formation of fruit pomace, and the possibilities of their management.***

Key words: fruits, fruit processing, fruit pomace, recycling.

WPROWADZENIE

Owoce są cennym źródłem wielu witamin i związków mineralnych, dlatego stanowią kluczowy element w diecie człowieka. Składnikiem owoców zasługującym na szczególną uwagę jest błonnik. Włókno pokarmowe, ze względu na swoje właściwości prozdrowotne, powinno stanowić element zrównoważonej diety każdego człowieka. Dodatkowo właściwości funkcjonalne błonnika sprawiają, że cieszy się dużym zainteresowaniem w technologii żywności. Rosnąca popularność przetworów owocowych m.in. soków, przecierów czy smoothie skutkuje wzrostem ilości odpadów produkcyjnych, którymi są wytloki [8]. Utylizacja niewykorzystanych części surowca jest istotnym problemem dla przemysłu owocowego. Liczne badania wskazują na możliwość zagospodarowania wytlóków owocowych w różnych gałęziach przemysłu. Produkty odpadowe znajdują zastosowanie m.in. w przemyśle spożywczym jako składniki herbat owocowych, dodatek do wyrobów cukierniczych i piekarniczych. W przemyśle kosmetycznym ekstrakty pozyskane z wytlóków są składnikami kosmetyków, natomiast w przemyśle tekstylnym wytloki stanowią surowiec do produkcji alternatywy dla skóry zwierzęcej. Wytloki znajdują szerokie zastosowanie ze względu na zawartość wielu cennych

związków, których obecność oraz ilość zależy od pochodzenia wytlóków. **Celem artykułu jest charakterystyka owoców i ich przetworów, omówienie nowoczesnych metod technologicznych w ich przetwarzaniu oraz powstawanie wytlóków owocowych i możliwości ich zagospodarowania.**

OWOCE I ICH PRZETWORY

Owoce posiadają odpowiednią kombinację cukrów, kwasów oraz związków aromatycznych kształtujących się w procesie dojrzewania. Produkty te są bogatym źródłem witamin, w szczególności A i C, minerałów oraz związków bioaktywnych [5]. WHO zaleca spożywanie co najmniej 400 g owoców i warzyw dziennie w celu zmniejszenia ryzyka chorób sercowo-naczyniowych, otyłości, cukrzycy oraz raka jelita grubego i żołądka. Około 2,8% zgonów na świecie wynika ze zbyt niskiego spożycia owoców i warzyw [18]. Czynniki takie jak sezonowość, wahania w wielkości plonów, niska trwałość wpływają na konieczność przetwarzania i utrwalania owoców. Do produktów otrzymanych na bazie owoców należą przeciery, pulpy, konserwy, dżemy, powidła, marmolady, soki, napoje oraz nektary. Najważniejszym celem obróbki jest inaktywacja drobnoustrojów, co pozwala na zwiększenie trwałości przetworów owocowych. W wyniku przerobu

surowców zmniejszony zostaje dostęp tlenu oraz zanika zdolność enzymów do rozkładu, dzięki czemu chemiczne części składowe ulegają utrwaleniu. Ma to istotne znaczenie żywieniowe, ponieważ zostają zachowane cukry, białka a przede wszystkim witaminy, błonnik i barwniki. Wiele procesów technologicznych wpływa na zwiększenie przyswajalności określonych związków np. karotenoidów. Niektóre cechy sensoryczne i fizykochemiczne mogą ulec pogorszeniu podczas procesu otrzymywania lub przechowywania. Przetwory pozwalają na pominięcie obróbki wstępnej, co pozwala na usprawnienie czynności kulinarnych. Przetworzone owoce są również łatwiejsze do przechowywania [15, 49]. Soki i nektary owocowe należą do największego i najprężniej rozwijającego się sektora w polskim przemyśle spożywczym. Pierwsze z nich stanowią najlepszą alternatywę dla surowych owoców, ponieważ zawierają mniej węglowodanów [15]. Soki są bogate w witaminy, błonnik pokarmowy, minerały i flawonoidy, co wpływa na ich prozdrowotne oddziaływanie na organizm. Produkty te są istotnym elementem diety osób zmagających się ze schorzeniami związanymi z układem pokarmowym [49]. Habanova i wsp. [16] przeprowadzili badania, które dowiodły, iż spożywanie soku z jabłek i jagód powoduje spadek poziomu cholesterolu LDL oraz zmniejsza ryzyko chorób sercowo-naczyniowych. W ostatnich latach wzrasta popularność soków nieklarowanych, które cechują się wyższą zawartością przeciwutleniaczy oraz błonnika ograniczającego wchłanianie cukrów, co skutkuje obniżeniem indeksu glikemicznego. Proces produkcji tego typu soków przebiega z pominięciem obróbki enzymatycznej i filtracji, dzięki czemu aktywność biologiczna jest zbliżona do świeżych owoców [15]. Podział soków wynika ze sposobu ich otrzymania – z koncentratu lub nie z koncentratu. Soki odtworzone z koncentratu wymagają wzbogacenia w witaminy i związki aromatyczne, które uległy degradacji w wyniku przetwarzania owoców [17]. Dodatek barwników, substancji konserwujących czy aromatów innych niż pochodzące z surowców, z których sok został otrzymany jest niedozwolony [35]. W odróżnieniu od soków nektary mogą zawierać cukier, miód, słodziki oraz regulatory kwasowości [17, 32]. W ostatnich latach rośnie zainteresowanie gęstymi sokami przecierowymi – smoothie. Skład tych produktów stanowi mieszanina soków owocowych lub warzywnych, przecier, kawałki owoców, mleko, jogurt, nasiona lub orzechy. Popularnym dodatkiem do tego typu przetworów są nasiona chia, które wzbogacają produkt w kwasy tłuszczowe omega-3 i omega-6. Dodatkowo w porównaniu do soków i nektarów charakteryzują się większą zawartością błonnika oraz witaminy C [15, 11].

Dżemy, powidła oraz marmolady należą do produktów o wysokim stopniu przetworzenia. Przetwory te są utrwalane przez obróbkę termiczną, wysoką koncentrację cukru i kwasów oraz ewentualny dodatek konserwantów [42]. Pomimo tego, iż dżemy są popularnym przetworem w Polsce, ich wybór nie jest tak zróżnicowany jak w innych krajach, w których znajdziemy dżemy imbirowe, bananowe, kokosowe, z liczi lub z guawy [13]. Wysokoprzetworzone produkty charakteryzują się mniejszą zawartością polifenoli i niższą aktywnością przeciwutleniającą niż owoce świeże. Mirończuk-Chodakowska i wsp. [33] oznaczyli zawartość polifenoli w produktach owocowych o znacznym stopniu przetworzenia. W badanych dżemach jagodowych zawartość polifenoli wynosiła 323 mg/100 g natomiast w świeżych owocach była

ona niemal dwa razy wyższa – 614 mg/100 g. Podobną zależność zaobserwowano między niskosłodzonym dżemem morelowym (57 mg/100 g) a świeżymi morelami (148 mg/100 g). Niska aktywność antyoksydacyjna wynika z destrukcyjnego wpływu procesu technologicznego na polifenole oraz witaminę C. Powodem znacznych różnic w zawartości polifenoli między świeżymi owocami a przetworami może być skład recepturowy dżemów, w których znajduje się często jedynie 35% owoców. Przeprowadzone badania dowiodły również, iż zawartość polifenoli ogółem w dżemach wysokosłodzonych jest wyższa niż w niskosłodzonych wyprodukowanych z tych samych gatunków owoców, co może wynikać ze zwiększonej trwałości antocyjanów w wysokich stężeniach sacharozы. Zmiany zawartości witaminy C, antocyjanów i polifenoli badali również Martinsen i wsp. [31]. Badacze wykazali, że wysoka temperatura niezbędna w procesie technologicznym powoduje zmniejszenie zawartości wyżej wymienionych związków w dżemie truskawkowym, natomiast nie ma istotnego wpływu na dżem z malin. Dowiedziono również, że im wyższa temperatura tym większe następują straty związków.

NOWOCZESNE METODY TECHNOLOGICZNE W PRZETWARZANIU OWOCÓW

Termiczne metody przetwarzania

Suszenie jest jedną z najstarszych metod utrwalania owoców. Celem tego procesu jest zmniejszenie zawartości wody do poziomu, który pozwala na zahamowanie zmian enzymatycznych oraz uniemożliwi wzrost i rozwój drobnoustrojów [28]. Susze owocowe są wykorzystywane do produkcji mieszanek owocowych, musli, kisielei oraz herbat [10]. Suszenie próżniowo – mikrofalowe jest procesem przebiegającym przy obniżonym ciśnieniu z jednoczesnym nagrzewaniem mikrofalowym. Obniżenie ciśnienia powoduje obniżenie temperatury wrzenia wody, co pozwala na zredukowanie niekorzystnego działania wysokiej temperatury na poddawany suszeniu produkt. Zastosowanie mikrofal jako źródła ciepła pozwala na ogrzanie całej objętości materiału w bardzo krótkim czasie. Dzięki odpowiedniemu kształtowaniu rozkładu temperatur wewnątrz suszonego materiału możliwe jest ograniczenie a nawet wyeliminowanie miejscowego przegrzewania produktu. Suszenie próżniowo – mikrofalowe pozwala na uzyskanie produktu o odpowiedniej teksturze, strukturze i dobrych cechach organoleptycznych [20].

Liofilizacja jest procesem polegającym na zamrożeniu materiału, z którego następnie usuwana jest wilgoć na drodze sublimacji lodu. Suszenie sublimacyjne przebiega z pominięciem stanu ciekłego. Proces ten przeprowadza się najczęściej pod obniżonym ciśnieniem, które wynosi od 15 do 150 Pa. Pierwszym etapem liofilizacji jest zamrożenie materiału w temperaturze od -20°C do -40°C . Kolejny etap procesu polega na suszeniu produktu w komorze liofilizatora [56]. Suszenie sublimacyjne uważane jest za najlepszą metodę suszenia. Produkty otrzymane na drodze liofilizacji cechują się bardzo dobrą jakością. Suszenie sublimacyjne pozwala na zachowanie większej ilości witamin w porównaniu do innych metod suszenia. Straty witamin w liofilizatach wynoszą kilka procent, podczas gdy w suszach otrzymanych innymi metodami kształtują się na poziomie 20-80% w zależności od

rodzaju surowca. Susze sublimacyjne charakteryzują się również lepszą zdolnością do rehydratacji. Proces liofilizacji pozwala na zachowanie atrakcyjnej barwy produktu w porównaniu do suszy otrzymanych metodą konwekcyjną, w czasie której straty barwników wynoszą nawet 70%. Suszenie sublimacyjne wpływa na zmniejszenie start aromatu, który jest uzależniony od zmian strukturalnych. Podczas suszenia sublimacyjnego skurcz materiału wynosi 5–15%, natomiast podczas suszenia konwekcyjnego osiąga 80% [57].

Nietermiczne metody przetwarzania

Pulsacyjne pole elektryczne PEF jest jedną z nietermicznych metod utrwalania żywności. Działanie PEF polega na inaktywacji drobnoustrojów znajdujących się w płynie przez wysokonapięciowe impulsy. Ciecz poddawana utrwalaniu musi znajdować się pomiędzy dwoma elektrodami. Pulsacyjne pole elektryczne niszczy wegetatywne formy drobnoustrojów natomiast nie jest skuteczne w stosunku do form przetrwalnikujących. PEF w porównaniu do termicznych metod utrwalania pozwala na zachowanie odpowiednich cech sensorycznych, chemicznych oraz fizycznych. Dodatkowo charakteryzuje się niską energochłonnością procesów technologicznych [38]. Pulsacyjne pole elektryczne może również wspomagać ekstrakcję polifenoli czy pektyny z wytlóków jabłkowych [52]. Zastosowanie pulsacyjnego pola elektrycznego w produkcji wina przyczynia się do poprawy wydobywania anocyanów, co powoduje zwiększenie zawartości tych prozdrowotnych związków o 5% w porównaniu do wina, otrzymanego bez użycia PEF [23]. Ultradźwięki są falą mechaniczną mieszczącą się w zakresie częstotliwości od 18 kHz do 100 MHz. Mechanizm działania ultradźwięków polega na wywoływaniu zmian w komórkach biologicznych poprzez kawitację, która powoduje powstanie, wzrost i gwałtowne znikanie pęcherzyków gazu tworzących się, gdy propagowane są ultradźwięki o odpowiedniej mocy. Innym rezultatem oddziaływania ultradźwięków jest szybkie, naprzemienne ściskanie oraz rozprężanie materiału wywołane przechodzeniem fali akustycznej przez materiał stały oraz efektami związanymi z kawitacją na granicy ciała stałe – ciecz. Zmiany te nazywane są efektem gąbki [58]. Barros i wsp. [3] zastosowali ultradźwięki do intensyfikacji procesu suszenia papai. Badacze dowiedli, iż obróbka ultradźwiękowa przyspieszyła suszenie owocu oraz zmniejszyła straty związków bioaktywnych. Badania przeprowadzone przez Rojasa i wsp. [45] potwierdziły, iż zastosowanie ultradźwięków pozwoliło na zachowanie większej ilości fenoli w suszonych konwekcyjnie jabłkach w porównaniu do próbek niepoddanych działaniu ultradźwięków. Bozkir i wsp. [7] zbadali wpływ obróbki ultradźwiękowej i odwadniania osmotycznego na owoce persymony. Uzyskane wyniki pozwoliły na stwierdzenie, iż procesy te spowodowały skrócenie czasu suszenia a także wpłynęły na lepsze zachowanie cech jakościowych w porównaniu do próbek owoców niepoddanych obróbce. Kolejną nietermiczną metodą utrwalania wykorzystywaną w przemyśle owocowym jest wysokie ciśnienie hydrostatyczne – HPP. Metoda ta jest stosowana do przedłużenia trwałości soków, dżemów, smoothies, przecierów oraz galaretek. Inaktywacja form wegetatywnych zachodzi przy ciśnieniu około 200 MPa, drożdży i pleśni przy ciśnieniu około 400 MPa. Najwyższego ciśnienia wymaga inaktywacja przetrwalników, około 600–800 MPa, dodatkowo wspomagana przez podwyższoną

temperaturę [30]. Badania przeprowadzone przez Raghubeer i wsp. [44] dowiodły, iż poddanie działaniu HPP wody kokosowej pozwala na uzyskanie produktu stabilnego mikrobiologicznie. Próbki utrwalone przy pomocy wysokiego ciśnienia hydrostatycznego podczas przechowywania przez 120 dni w 4°C charakteryzowały się smakiem zbliżonym do świeżego soku oraz nie posiadały nieprzyjemnego zapachu. Próbki wody kokosowej niepoddane działaniu HPP po dwóch tygodniach przechowywania w tej samej temperaturze miały podwyższoną liczbę drobnoustrojów a także odnotowano wytwarzanie gazu, zmętnienie i nieprzyjemny zapach. Zastosowanie zimnej plazmy jest kolejną nietermiczną metodą obróbki owoców i ich przetworów. Zjonizowany gaz, taki jak tlen, argon czy azot jest czynnikiem inaktywującym drobnoustroje. Zjonizowany gaz otrzymywany jest poprzez doprowadzenie do niego znacznej ilości energii, która pozwala na rozpad cząstek na elektrony i dodatnio naładowane jony. Wysoka energia oraz reaktywność cząstek plazmy eliminuje drobnoustroje bez zmian cieplnych w utrwalanym produkcie. Składniki plazmy są nietrwałe, w wyniku czego nie będą one obecne w produkcie gotowym [48]. Li i wsp. [27] zastosowali zimną plazmę w celu utrwalenia świeżych, pokrojonych owoców pitaj, co pozwoliło na zahamowanie wzrostu liczby bakterii tlenowych. Dodatkowo zimna plazma spowodowała akumulację fenoli oraz zwiększenie aktywności przeciwtleniającej owoców.

OTRZYMYWANIE WYTŁOKÓW OWOCOWYCH

W przetwórstwie owocowo-warzywnym istotny problem stanowi zagospodarowanie lub utylizacja produktów odpadowych – części niewykorzystanych w procesie technologicznym. Jest to ilość w granicach 10–35% masy przetworzonego surowca [50]. W ich skład wchodzi skórki, nasiona oraz wytloki. Produkty uboczne w przetwórstwie owocowym powstają podczas produkcji soków, pulp czy dżemów. W procesie produkcji soków masa wytlóków jest uzależniona od wydajności tłoczenia. Podczas tradycyjnego tłoczenia udział wytlóków wynosi 20–25% masy surowca. Zastosowanie preparatów enzymatycznych, które upłynniają miążgę oraz lugowanie wytlóków wodą, pozwala na zmniejszenie udziału wytlóków do około 12% masy owoców [8].

Wzrost populacji oraz zmiany żywieniowe przyczyniają się do większego spożycia owoców i warzyw, co powoduje wzrost ilości odpadów związanych z ich przetwarzaniem [25]. W Europie produkty uboczne powstające w wyniku przetwarzania owoców stanowią 8% wszystkich odpadów z sektora spożywczego. Branża ta jest piątym największym producentem odpadów. Sytuacja jest znacznie gorsza w krajach rozwijających się, gdzie produkty uboczne przetwórstwa owocowego są traktowane jako nieistotne i zbędne w porównaniu do przetworzonych owoców [37]. Według danych GUS w Polsce w sezonie 2018/2019 na produkcję soku zagęszczonego przeznaczono 3150 tys. ton jabłek [41]. Przyjmując, że wytloki, które powstają podczas produkcji soków, stanowią 20% zużytego surowca, w sezonie tym powstało aż 630 tys. ton wytlóków.

ZAGOSPODAROWANIE WYTŁOKÓW OWOCOWYCH

Wytłoki są materiałem charakteryzującym się niską trwałością i stabilnością. Wytłoki owocowe z uwagi na dużą zawartość wody, która w jabłkowych stanowi nawet do 73%, są narażone na szybki wzrost zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Do najpopularniejszych metod utrwalania wytłoków należy suszenie oraz kiszenie hamujące niekorzystne zmiany prowadzące do obniżenia jakości. Dzięki tym zabiegom nadają się one do dalszego zastosowania [50].

Table 1. Chemical composition of chokeberry, black currant and cherry pomaces

Tabela 1. Skład chemiczny wytłoków z aronii, czarnej porzeczki i wiśni

skład chemiczny	wytłoki		
	z aronii	z czarnej porzeczki	z wiśni
błonnik (g/100g s.s.)	42,0	59,7	70,9
węglowodany (g/100g s.s.)	45,1	16,0	11,3
glukoza (g/100g s.s.)	6,3	0,6	1,5
fruktoza (g/100g s.s.)	7,49	1,0	1,4
sacharoza (g/100g s.s.)	-	0,6	0,5
białko (g/100g s.s.)	6,4	17,4	12,6
antocyjany (mg /100 g s.s.)	10,0	1,5	0,8

Source: Own study based on [54, 55]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [54, 55]

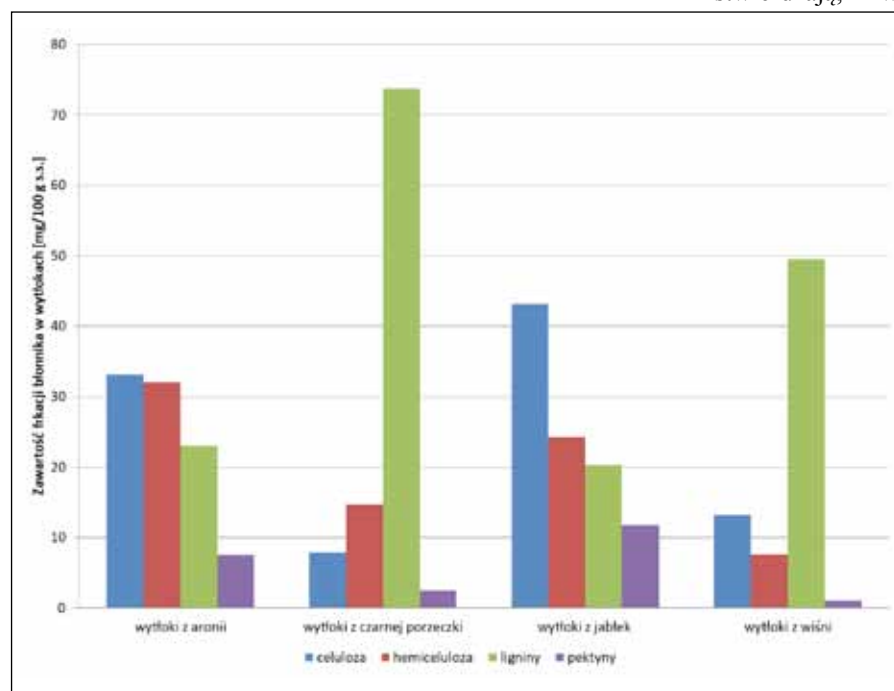


Fig. 1. Fibre fraction content in selected fruit pomaces.

Rys. 1. Zawartość frakcji błonnika w wybranych wytłokach owocowych.

Source: Own study based on [36]

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [36]

W skład wytłoków zależnie od odmiany i sposobu przetwarzania, wchodzi skórki, nasiona oraz resztki miąższu. Ze względu na ich skład oraz zawartość wielu prozdrowotnych składników, w ostatnich latach można dostrzec wzrost zainteresowania możliwościami ponownego wykorzystania tych produktów ubocznych [39]. Skład chemiczny wybranych wytłoków owocowych przedstawiono w tabeli 1. Wytłoki są bogate we włókno roślinne. W zależności od pochodzenia wytłoki różnią się zawartością poszczególnych frakcji błonnika (rys. 1). Kwaśniewska i Nawirska [36] oznaczyły skład poszczególnych frakcji błonnika w wytłokach z czarnych porzeczek, aronii, jabłek, wiśni i gruszek. Przeprowadzone badania wykazały, iż wytłoki jabłkowe na tle pozostałych analizowanych odpadów wywierają najkorzystniejszy wpływ na nasze zdrowie, dzięki znacznej zawartości pektyn posiadających zdolność wiązania jonów metali ciężkich oraz celulozy mającej pozytywny wpływ na perystaltykę jelit. Zdolność do wiązania jonów metali ciężkich przez wytłoki owocowe została również zaobserwowana przez Król i Nawirską [26]. Badaniom zostały poddane wytłoki z jabłek, wiśni i czarnych porzeczek oraz ich kombinacje w celu usuwania jonów ołowiu, miedzi, cynku i kadmu z roztworów wodnych w układach dynamicznych. Wytłoki z wiśni zatrzymały najwięcej jonów kadmu i ołowiu, natomiast mieszanka wytłoków jabłkowych z wiśniowymi pozwoliła na zatrzymanie największej ilości jonów cynku i miedzi. Najmniej skuteczne okazały się w tym zestawieniu wytłoki z czarnych porzeczek. Właściwości adsorpcyjne wytłocznin owocowych badali Dudczak i wsp. [9]. Badaniom poddano wytłoki z agrestu do usuwania jonów miedzi w układach modelowych. Przeprowadzony eksperyment wykazał, że suszone wytłoki agrestu przy pH 4-5 są w stanie zaadsorbować około 58% jonów miedzi obecnych w roztworze wodnym. Na podstawie otrzymanych wyników badacze stwierdzają, iż wytłoki mogą służyć jako materiał sorpcyjny do usuwania jonów metali ze ścieków (nowy kierunek zagospodarowania odpadów owocowych).

Pektyny, których najlepszym źródłem są owoce cytrusowe i jabłkowe, poza zdolnością wiązania jonów, charakteryzują się także właściwościami żelującymi, zagęszczającymi i stabilizującymi. Dzięki temu znajdują zastosowanie w przemyśle jako hydrokoloidy [24]. Wysoka zawartość błonnika sprzyja także przeciwdziałaniu otyłości, cukrzycy, chorobom serca, miażdżycy i niektórym rodzajom raka [50]. Pektyna z owoców cytrusowych modyfikowana metodami termicznymi, chemicznymi lub enzymatycznymi jest zarejestrowana w Stanach Zjednoczonych jako suplement diety. Badania kliniczne potwierdziły antynowotworowy potencjał modyfikowanej pektyny, która przeciwdziała progresji guzów i hamuje przerzuty. Pektyna cytrusowa wpływa również na komórki układu odpornościowego w celu regulacji odpowiedzi zapalnej [4].

Wytłoki stanowią ponadto źródło wielu innych wartościowych składników odżywczych takich jak: związki mineralne,

sacharydy, białka, kwasy organiczne, lipidy, witaminy, aldehydy czy alkohole. Są również bogate w substancje aromatyczne oraz barwniki, do których zaliczają się antocyjany potrafiące nadać barwę od żółtej do niebieskiej. Wysoką zawartością związków barwiących charakteryzują się wytloki z owoców jagodowych. Umożliwia to wydobycie z wytlóków tych związków i produkcję barwników. Związki fenolowe poza nadawaniem barwy wykazują silne właściwości prozdrowotne. Wraz z tokoferolami należą do przeciwutleniaczy, odpowiedzialnych za ochronę przed szkodliwym działaniem wolnych rodników, co w konsekwencji pozwala na zapobieganie chorobom serca, zaćmie, nowotworom oraz powstrzymywanie procesów starzenia [50].

Wytloki są bogatym źródłem biopolimerów, białek oraz węglowodanów, które mogą być odzyskiwane, koncentrowane, przekształcane w prekursorzy a następnie zastosowane w przemyśle kosmetycznym, farmaceutycznym czy spożywczym. Badacze podjęli próby, które pozwoliły na uzyskanie z wytlóków owoców tropikalnych enzymów, oligosacharydów, biosurfaktantów, kwasu mlekowego oraz furfuralu [37]. Wytloki mogą być również zastosowane do wzrostu mikroorganizmów, co pozwala na uzyskanie enzymów pektynolitycznych z wytlóków ananasa, pomarańczy lub cytryny, amylaz z mango lub bananów czy lipaz ze skórki cytryny. Wytloki stanowią alternatywne źródło węgla dla powszechnie używanych w hodowli mikroorganizmów glukozy i sacharozy. Pozwala to na znaczne obniżenie kosztów produkcji i uzyskanie cennych w przemyśle polisacharydów takich jak guma ksantanowa, pullulan czy kurdlan. Mohsin [34] za pomocą wytlóków z pomarańczy zsyntezował kurdlan, który dzięki swoim właściwościom żelującym znajduje szerokie zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu. Należący do β -glukanów polisacharyd jest komponentem biodegradowalnych folii, produktów funkcjonalnych np. jogurtów a także może stanowić zamiennik tłuszczu w produktach mięsnych obniżając ich kaloryczność. Kurdlan charakteryzuje się również właściwościami immunostymulacyjnymi, co powoduje wzrost zainteresowania tym związkiem w medycynie. Fermentacja alkoholowa, w której źródło węgla stanowią wytloki, pozwala również na uzyskanie biopaliwa. Najwydajniejszym substratem są wytloki z jabłek, które pozwalają na uzyskanie 190 g etanolu z 1 kg odpadów [12]. Piwowarek i wsp. [40] zastosował wytloki jabłkowe jako podłoże mikrobiologiczne w procesie fermentacji propionowo-octowej. Wykorzystanie wytlóków z jabłek jako źródła węgla umożliwiło hodowlę dzikiego szczepu bakterii *Propionibacterium freudenreichii* T82 i uzyskanie kwasu octowego i propionowego.

Skórki jabłek charakteryzują się wysoką zawartością fenoli co oznacza większe skoncentrowanie tych związków bioaktywnych w wytlókach niż w całych owocach. Związki fenolowe posiadają silne właściwości przeciwdrobnoustrojowe, przeciwzapalne i antyoksydacyjne. Wyizolowanie tych substancji pozwala na wprowadzenie wytlóków do preparatów kosmetycznych [2], gdzie znalazły również zastosowanie pestki owoców bogate w cenne oleje. Powszechnie stosowanym w tym przemyśle jest olej z pestek malin doceniany ze względu na zawartość związków mineralnych, prowitaminy A, witaminy B₂, C oraz kwasów organicznych m.in. salicylowego i jabłkowego. Skład chemiczny omawianego oleju sprawia, że może on stanowić komponent preparatów przeciwślnicznych, kremów lub past do zębów [21].

Obecnie najpopularniejszym kierunkiem zagospodarowania wytlóków jest zastosowanie ich jako paszy, co pozwala na znaczne obniżenie kosztów żywienia zwierząt. Zawierają one ponadto istotne składniki takie jak: kwasy organiczne, cukry, substancje tłuszczowe, związki bezazotowe i witaminy. Zawartość tych ostatnich w wytlókach po procesie tłoczenia soków może wynosić nawet 2 g/kg suchej masy. Wartość ta jest uzależniona od warunków prowadzenia procesu [50].

Wytloki mogą również służyć jako składnik do herbat owocowych wpływający na poprawę walorów organoleptycznych [53]. Bober i Oszmiański [6] wskazali na możliwość zastosowania wytlóczyn z aronii jako zamiennika owoców w produkcji herbat owocowych. Porównano wyciągi wodne otrzymane z owoców i wytlóków suszonych różnymi metodami. W naparach otrzymanych z wytlóków aronii suszonych owiewowo uzyskano 2-krotne zmniejszenie zawartości glukozy, sorbitolu i fruktozy w porównaniu do naparów z owoców suszonych tą samą metodą. Odnotowano natomiast 11,5-krotne zwiększenie monomerów antocyjanów. Niezależnie od metody suszenia napary z wytlóków posiadały bardziej czerwoną i nasyconą barwę niż te z owoców. Dodatkowym atutem herbat na bazie wytlóczyn była ich aktywność przeciworodnikowa. W wyciągu wodnym z liofilizowanych wytlóków aronii zaobserwowano największą zdolność do pochłaniania wolnych rodników (8383 mg/L). Dla porównania wyciąg wodny z liofilizowanych owoców aronii usunął około 600 mg/L wolnych rodników.

Oceny sensoryczne przeprowadzone przez Baranowskiego i wsp. [1] wykazały możliwość zastosowania zagęszczonych ekstraktów z wytlóków z aronii i czarnej porzeczki do herbat owocowych typu „ice”, kisieli oraz galaretek. Dodatek ekstraktu z wytlóków z czarnej porzeczki sprawił, że galaretki z syntetycznym aromatem opisywanego owocu zostały lepiej ocenione pod względem smaku i zapachu. Wzbogacone w ekstrakty produkty posiadały specyficzny, lekko kwaskowaty smak oraz bardziej intensywną, czerwoną barwę, która jest pożądana dla tego typu produktów.

Odpady przemysłu owocowego mogą z powodzeniem być stosowane w niektórych wyrobach cukierniczych i piekarniczych. Kidoń i wsp. [22] zmodyfikowali recepturę wafli suchych zastępując mąkę suszonymi wytlókami jabłkowymi w ilości 10 i 12,5%. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż 10% dodatek wytlóków pozwolił na uzyskanie produktu ze zwiększoną zawartością składników prozdrowotnych przy minimalnych zmianach cech sensorycznych. Dodatek suszonych odpadów owocowych spowodował znaczny wzrost związków polifenolowych. Uzyskane wafle posiadały ciemniejszą barwę, natomiast ocena sensoryczna wykazała różnice w teksturze. Siemianowska i wsp. [47] użyli wytlóków z truskawek, jabłek, czarnych porzeczek i malin do wypieku kruchych ciastek. Badania wykazały, że 30% udział wytlóków pozwolił na zachowanie odpowiednich cech sensorycznych jednocześnie nie pogorszając parametrów teksturalnych i przechowalniczych. Dodatkowo oznaczona została aktywność antyoksydacyjna wszystkich rodzajów ciastek, wynosiła ona 52,2–66,5%. Podobne badania przeprowadzili Maner i wsp. [29], zastępując w ciastkach część mąki pszennej wysuszonymi wytlókami winogronowymi. Wyniki badania, tak jak w poprzednich przytoczonych, pozwoliły na stwierdzenie, iż dodatek wytlóków pozwolił na wzbogacenie

produktów w substancje o charakterze prozdrowotnym przy jednoczesnym zachowaniu lub nadaniu odpowiednich cech sensorycznych. Salehia i Aghajanzadeh [46] także opisali wpływ wysuszonych i sproszkowanych owoców i warzyw na jakość ciasta. Obecność wyżej wymienionego proszku spowodowała zwiększenie absorpcji wody w wyniku czego ciasto charakteryzowało się większą wilgotnością. Zmniejszenie ilości glutenu przyczyniło się do zmniejszenia objętości i poprawy jędrności. Dodatek proszku pozwolił na zwiększenie wartości odżywczej. Ciasto biszkoptowe, w którym część mąki pszennej zastąpiono sproszkowanymi skórkami i pulpą z mango w proszku zawierało więcej błonnika oraz mniej tłuszczu i kalorii a ponadto zostało wzbogacone w cenne żywieniowo polifenole i karetonoidy. Wytloki owocowe znajdują zastosowanie w produkcji pieczywa bezglutenowego. Wzbogacenie receptury chleba z mąki ryżowej i skrobi ziemniaczanej w wytloki z pomarańczy pozwoliło na otrzymanie produktu o właściwościach sensorycznych zbliżonych do próby kontrolnej [43].

Grasso [14] w swoim przeglądzie przedstawiła możliwość zastosowania wytlaków do produkcji ekstrudowanych przekąsek. Produkty te mogą stanowić alternatywę dla przekąsek zbożowych obecnych na rynku, charakteryzujących się najczęściej niską wartością odżywczą, zbyt dużą zawartością soli, cukru oraz tłuszczu. Przykładem tego typu produktu jest przekąska, w której skład wchodzi kukurydza, mąka z sorgo oraz wytlaki z jabłek. W celu zwiększenia zawartości oraz zrekompensowania strat związków fenolowych i przeciwutleniaczy poniesionych w procesie ekstruzji przeprowadzono wcześniej fermentację i kawitację hydrodynamiczną, co zwiększyło zawartość błonnika w finalnym produkcie. Autorka przeglądu przytoczyła także badania, które dowiodły, iż do produkcji przekąsek z powodzeniem można zastosować wytlaki z wiśni, czarnej porzeczki, ananasa czy borówki.

Wytlaki mogą również znaleźć zastosowanie w utrwalaniu żywności. Liczne badania dowiodły, iż ekstrakty pozyskane z wytlaków mają wpływ na przedłużenie trwałości produktów. Przeprowadzono badania polegające na dodaniu do kotletów z jagnięciny ekstraktów z wytlaków z winogron, oliwek, pomidorów i granatu. Po 7 dniach przechowywania w warunkach chłodniczych zakonserwowany w ten sposób produkt posiadał 10-21% mniej bakterii mezofilnych w porównaniu do próby bez dodatków. Wytlaki z pomidorów i granatu przyczyniły się do zmniejszenia liczby psychrofilii oraz bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*. Działanie przeciwbakteryjne odnotowano także przez wzbogacenie produktów z wołowiny w skórki granatu oraz zanurzanie krewetek w roztworze zawierającym wytlaki. Wytlaki mają także pozytywny wpływ na produkty mleczne. Badanom został poddany ser, który zanurzono w roztworze ze skórkami z granatu. Po 28 dniach przechowywania w temperaturze 4°C odnotowano mniejszą liczbę mikroorganizmów wpływających na obniżenie jakości produktu w porównaniu do próby kontrolnej. Wzbogacenie jogurtu w sproszkowaną skórkę z ananasa przyczyniło się natomiast do zwiększenia jego probiotyczności [51].

W przemyśle skrobia powszechnie pozyskiwana jest z bulw i zbóż. Alternatywę dla tych surowców mogą stanowić wytlaki niektórych owoców o wysokiej zawartości tego polisacharydu. Dodatkowo skrobia otrzymana z wytlaków posiada inne właściwości funkcjonalne, co zwiększa zakres

jej zastosowań w przemyśle. Kringel i wsp. [25] wskazali na możliwość pozyskania skrobi m.in. z wytlaków z ananasa, jabłek, mango, liczi, awokado czy owocu drzewa bochenkowego. Pestki ostatniego z wymienionych stanowią najlepsze źródło omawianego polisacharydu (60-80%). Unikalnymi właściwościami charakteryzuje się skrobia pozyskana z wytlaków z mango, ponieważ posiada niski indeks glikemiczny dzięki czemu znajduje zastosowanie w produktach o obniżonej kaloryczności.

Nowatorskim kierunkiem zastosowania wytlaków jest produkcja tekstyliów. Bio2materials jest polską marką, która zajmuje się tworzeniem alternatywny dla skóry zwierzęcej i syntetycznej z wytlaków z jabłek. Produkt jest całkowicie biodegradowalny oraz pozbawiony szkodliwych dla zdrowia substancji [19].

PODSUMOWANIE

Owoce będące źródłem wielu cennych związków stanowią ważny element zrównoważonej diety. Sezonowość, wahania w wielkości plonów oraz niska trwałość są czynnikami wpływającymi na konieczność utrwalania i przetwarzania owoców. Najpopularniejsze przetwory owocowe to soki, nektary, smoothies, dżemy, przeciery, powidła oraz marmolady. Ważnym aspektem przetwarzania owoców jest zachowanie jak największej ilości cennych z punktu żywieniowego związków oraz zmniejszenie strat smaku, zapachu oraz barwy. Wymagania te powodują konieczność opracowywania nowych metod przetwarzania owoców. W ostatnich latach popularność zyskują nietermiczne metody, do których zalicza się m.in. pole pulsacyjne, wysokie ciśnienie hydrostatyczne, ultradźwięki czy zimną plazmę. Zastosowanie wyżej wymienionych sposobów utrwalania pozwala na wyeliminowanie niekorzystnego działania wysokiej temperatury. Zastępującym na szczególną uwagę składnikiem owoców jest błonnik, który ze względu na właściwości prozdrowotne oraz funkcjonalne cieszy się dużym zainteresowaniem. Bogatym źródłem włókna pokarmowego są wytlaki, które stanowią produkt uboczny w procesie produkcji soków, dżemów czy pulp. Skład i właściwości wytlaków wskazują na możliwość ich zagospodarowania, dzięki czemu produkt odpadowy staje się surowcem w innych gałęziach przemysłu spożywczego.

SUMMARY

Fruits, which are the source of many valuable compounds, are an important part of a balanced diet. Seasonality, fluctuations in yields and low shelf life are factors influencing the necessity of preserving and processing the fruit. The most popular fruit preserves are juices, nectars, smoothies, jams, purees, plum jam and marmalades. An important aspect of fruit processing is to preserve as many nutrients as possible and reduce the loss of taste, smell and colour. These requirements cause the development of new methods of fruit processing. In recent years, nonthermal methods have been gaining popularity, including pulse field, high hydrostatic pressure, ultrasounds or cold plasma. The use of the above-mentioned methods of fixing makes it possible to eliminate the unfavorable effects of high temperature. The fruit component that deserves special attention is fibre, which, due to its health-promoting and functional properties, is very popular. A rich source of dietary

fiber is pomace, which is a by-product in the production of juices, jams and pulp. The composition and properties of pomace indicate the possibility of their management, thanks to which the waste product becomes a raw material in other branches of the food industry.

REFERENCES

- [1] **BARANOWSKI, K., E. BACA, A. SALAMON, D. MICHAŁOWSKA, D. MELLER, M. KARAŚ. 2009.** „Możliwości odzyskiwania i praktycznego wykorzystania związków fenolowych z produktów odpadowych: Z wycieków z czarnej porzeczki i aronii oraz z chmielin”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4(65): 100–109.
- [2] **BARRIERA, J.C.M., A.A. ARRAIBI, I.C.F.R. FERREIRA. 2019.** “Bioactive and functional compounds in apple pomace from juice and cider manufacturing: Potential use in dermal formulations”. *Trends in Food Science & Technology* 90: 76–87.
- [3] **BARROS, P.Z.M., E.V., DA SILVA JUNIOR, L.L. DE MELO, R.A.B. DE MEDEIROS, P.M. AZOUBEL. 2018.** “Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters”. *LWT – Food Science and Technology* 97: 317–322.
- [4] **BEN-OHMAN, S., I. JÓUDU, R. BHAT. 2020.** “Bioactives from Agri-Food Wastes: Present Insights and Future Challenges”. *Molecules* 25: 510.
- [5] **BHARGAVA, A., S. SRIVASTAVA. 2019.** “Fruits. Participatory Plant Breeding: Concept and Applications” Springer, Singapore: 193–207.
- [6] **BOBER, I., J. OSZMIANŃSKI. 2004.** „Wykorzystanie wycieków aronii do naparów herbat owocowych”. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 3(1): 63–72.
- [7] **BOZKIR, H., A.R. ERGÜN, E. SERDAR, G. METIN, T. BAYSAL. 2019.** “Influence of ultrasound and dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit”. *Ultrasonic Sonochemistry* 54: 135–141.
- [8] **CYBULSKA, J., A. ZDUNEK, S. SITKIEWICZ, S. GALUS, E. JANISZEWSKA, S. ŁABA, M. NOWACKA. 2013.** „Możliwości zagospodarowania wycieków i innych odpadów przemysłu owocowo-warzywnego”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 9: 27–29.
- [9] **DUDCZAK, J., T. KALAK, R. CIERPISZEWSKI. 2016.** Usuwanie jonów CU(II) z roztworów wodnych przy pomocy wycieków z agrestu i papryki. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Górecka, E. Pospiecha. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 56–64.
- [10] **DUSZA, M., P. HARA. 2018.** „Ocena wybranych cech jakości suszonych owoców kiwi wstępnie odwadnianych osmotycznie”. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 3/4(27): 20–26.

REFERENCES

- [1] **BARANOWSKI, K., E. BACA, A. SALAMON, D. MICHAŁOWSKA, D. MELLER, M. KARAS. 2009.** „Możliwości odzyskiwania i praktycznego wykorzystania związków fenolowych z produktów odpadowych: Z wycieków z czarnej porzeczki i aronii oraz z chmielin”. *Zywnosc Nauka Technologia Jakość* 4(65): 100–109.
- [2] **BARRIERA, J.C.M., A.A. ARRAIBI, I.C.F.R. FERREIRA. 2019.** “Bioactive and functional compounds in apple pomace from juice and cider manufacturing: Potential use in dermal formulations”. *Trends in Food Science & Technology* 90: 76–87.
- [3] **BARROS, P.Z.M., E.V., DA SILVA JUNIOR, L.L. DE MELO, R.A.B. DE MEDEIROS, P.M. AZOUBEL. 2018.** “Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters”. *LWT – Food Science and Technology* 97: 317–322.
- [4] **BEN-OHMAN, S., I. JOUDU, R. BHAT. 2020.** “Bioactives from Agri-Food Wastes: Present Insights and Future Challenges”. *Molecules* 25: 510.
- [5] **BHARGAVA, A., S. SRIVASTAVA. 2019.** “Fruits. Participatory Plant Breeding: Concept and Applications” Springer, Singapore: 193–207.
- [6] **BOBER, I., J. OSZMIANŃSKI. 2004.** „Wykorzystanie wycieków aronii do naparów herbat owocowych”. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 3(1): 63–72.
- [7] **BOZKIR, H., A.R. ERGUN, E. SERDAR, G. METIN, T. BAYSAL. 2019.** “Influence of ultrasound and dehydration pretreatments on drying and quality properties of persimmon fruit”. *Ultrasonic Sonochemistry* 54: 135–141.
- [8] **CYBULSKA, J., A. ZDUNEK, S. SITKIEWICZ, S. GALUS, E. JANISZEWSKA, S. LABA, M. NOWACKA. 2013.** „Możliwości zagospodarowania wycieków i innych odpadów przemysłu owocowo-warzywnego”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 9: 27–29.
- [9] **DUDCZAK, J., T. KALAK, R. CIERPISZEWSKI. 2016.** Usuwanie jonów CU(II) z roztworów wodnych przy pomocy wycieków z agrestu i papryki. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Górecka, E. Pospiecha. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 56–64.
- [10] **DUSZA, M., P. HARA. 2018.** „Ocena wybranych cech jakości suszonych owoców kiwi wstępnie odwadnianych osmotycznie”. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 3/4(27): 20–26.

- [11] **DYAKONOVA, A., V. STEPANOVA. 2016.** "Usage of the nut raw materials and chia seeds to improve fatty acid composition of the smoothies". *Ukrainian Food Journal* 5(4): 713-723.
- [12] **ESPARZA, I., N. JIMÉNEZ-MORENO, F. BIMBELA, C. ANCÍN-AZPILICUETA, L.M. GANDÍA. 2020.** "Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches". *Journal of Environmental Management* 265, 110510.
- [13] **GALUS, S., S. KALISZ, J. KADZIŃSKA, A. JASICZEK, D. NIEMCZUK. 2014.** „Dzemy warzywno-owocowe jako nowa oferta dla konsumentów”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 58(5): 33–36.
- [14] **GRASSO, S. 2020.** "Extruded snacks from industrial by-products: A review". *Trends in Food Science & Technology* 99: 284–294.
- [15] **GWÓZDŹ, E., P. GĄBCZYŃSKI. 2015.** „Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów”. *Postępy Fitoterapii* 16(4): 268–271.
- [16] **HABANOVA, M., A. JORGE, J.A. SARAIVA, M. HOLOVICOVA, S.A. MOREIRA, L.G. FIDALGO, M. HABAN, J. GAZO, M. SCHWARZOVA, P. CHLEBO, M. BRONKOWSKA. 2019.** "Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile". *Journal of Functional Foods* 60, 103417.
- [17] **HALLMANN, E. 2014.** „Zawartość związków biologicznie czynnych w wybranych sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 95–100.
- [18] **Internet 1:** <https://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/index2.html>, dostęp w dniu 29.04.2020.
- [19] **Internet 2:** <https://bio2materials.com/>, dostęp w dniu 29.04.2020.
- [20] **JALOSZYŃSKI, K., M. PASŁAWSKA, M. SURMA, B. STEPIEŃ, R. SERAFIN. 2017.** Wpływ mocy mikrofal i ciśnienia w czasie suszenia mikrofalowo-próżniowego na jakość końcową suszu z owoców pigwy. W: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, red. R. Knosal T. Politechnika Opolska. Wyd. II. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją: 314–323.
- [21] **KALINOWSKA, N., I. NOWAK, A. ZIELIŃSKA. 2017.** „Właściwości oleju z pestek malin wykorzystywane w kosmetyce”. *Kosmetologia Estetyczna* 6(2): 121–123.
- [22] **KIDOŃ, M., J. FOGIEL, D. WALKOWIAK-TOMCZAK, E. RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, R. BIEGAŃSKA-MARECIK, K. MŁYNARCZYK. 2016.** Zastosowanie suszonych wytlóków jabłkowych jako dodatku do produkcji wafli. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Gorecka, E. Pospiecha. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 47–55.
- [11] **DYAKONOVA, A., V. STEPANOVA. 2016.** "Usage of the nut raw materials and chia seeds to improve fatty acid composition of the smoothies". *Ukrainian Food Journal* 5(4): 713–723.
- [12] **ESPARZA, I., N. JIMENEZ-MORENO, F. BIMBELA, C. ANCIN-AZPILICUETA, L.M. GANDIA. 2020.** "Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches". *Journal of Environmental Management* 265, 110510.
- [13] **GALUS, S., S. KALISZ, J. KADZINSKA, A. JASICZEK, D. NIEMCZUK. 2014.** „Dzemy warzywno-owocowe jako nowa oferta dla konsumentów”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 58(5): 33–36.
- [14] **GRASSO, S. 2020.** "Extruded snacks from industrial by-products: A review". *Trends in Food Science & Technology* 99: 284–294.
- [15] **GWOZDZ, E., P. GABCZYNSKI. 2015.** „Prozdrowotne właściwości owoców, warzyw i ich przetworów”. *Postępy Fitoterapii* 16(4): 268–271.
- [16] **HABANOVA, M., A. JORGE, J.A. SARAIVA, M. HOLOVICOVA, S.A. MOREIRA, L.G. FIDALGO, M. HABAN, J. GAZO, M. SCHWARZOVA, P. CHLEBO, M. BRONKOWSKA. 2019.** "Effect of berries/apple mixed juice consumption on the positive modulation of human lipid profile". *Journal of Functional Foods* 60, 103417.
- [17] **HALLMANN, E. 2014.** „Zawartosc zwiazkow biologicznie czynnych w wybranych sokach pomarańczowych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 95–100.
- [18] **Internet 1:** <https://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/index2.html>, dostęp w dniu 29.04.2020.
- [19] **Internet 2:** <https://bio2materials.com/>, dostęp w dniu 29.04.2020.
- [20] **JALOSZYNSKI, K., M. PASLAWSKA, M. SURMA, B. STEPIEN, R. SERAFIN. 2017.** Wpływ mocy mikrofal i ciśnienia w czasie suszenia mikrofalowo-prozniowego na jakość końcową suszu z owoców pigwy. W: *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, red. R. Knosal T. Politechnika Opolska. Wyd. II. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją: 314-323.
- [21] **KALINOWSKA, N., I. NOWAK, A. ZIELINSKA. 2017.** „Wlasciwosci oleju z pestek malin wykorzystywane w kosmetyce”. *Kosmetologia Estetyczna* 6(2): 121–123.
- [22] **KIDON, M., J. FOGIEL, D. WALKOWIAK-TOMCZAK, E. RADZIEJEWSKA-KUBZDELA, R. BIEGANSKA-MARECIK, K. MLYNARCZYK. 2016.** Zastosowanie suszonych wytlókow jabłkowych jako dodatku do produkcji wafli. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Gorecka, E. Pospiecha. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 47–55.

- [23] KORZENIOWSKA, E., I. GAŁĄZKA-CZARNECKA, A. CZARNECKI, A. PIEKARSKA, A. KRAWCZYK. 2018. „Wpływ Impulsowego Pola Elektrycznego na zawartość antocyjanów w winie”. *Przegląd Elektrotechniczny* 1(1): 59–62.
- [24] KOWALSKA, H., E. MASIARZ, P. CHMURZYŃSKI. 2019. „Możliwości wykorzystania skórek z owoców w technologii przekasek pigwowca”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 72–79.
- [25] KRINGEL, D.H., A.G.D. DIAS, E.D.R. ZAVAREZE, E.A. GANDRA. 2020. “Fruit wastes as promising sources of starch: extraction, properties and applications”. *Starch-Stärke* 72, 1900200.
- [26] KRÓL, S., A. NAWIRSKA. 2003. „Usuwanie jonów metali ciężkich na wytlokach owocowych w układach dynamicznych”. *Technologia Alimentaria* 2(1): 21–29.
- [27] LI, X., M. LI, P. JIN, J. ZHANG, Y. ZHENG, X. ZHANG, F. LI. 2019. “Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit”. *LTW – Food Science and Technology* 115: 108447.
- [28] ŁAPCZYŃSKA-KORDON, B., S. LIS, M. TOMASIK. 2019. „Sterowanie procesem mikrofalowego suszenia wybranych owoców i warzyw”. *Przegląd Elektrotechniczny* 95(3): 74–77.
- [29] MANER, S., A.K. SHARMA, K. BANERJEE. 2017. “Wheat flour replacement by wine grape pomace powder positively affects physical, functional and sensory properties of cookies”. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section B: Biological Sciences* 87: 109–113.
- [30] MARSZAŁEK, K., L. WOŹNIAK, S. SKĄPSKA. 2014. „Wysokie ciśnienia w przemyśle owocowo-warzywnym”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 58(11–12): 12–15.
- [31] MARTINSEN, K., K. AABY, G. SKREDE. 2020. “Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams”. *Food Chemistry* 126297.
- [32] MIHALEV, K., R. DINKOVA, V. SHIKOV, P. MOLLOV. 2018. *Classification of Fruit Juices*. W: *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*, red: G. Rajauria, B. Tiwari. Wyd. Academic Press, Plodiv: 33–44.
- [33] MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA, I., M.E. ZUJKO, A. WITKOWSKA. 2011. „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna niektórych przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 905–910.
- [34] MOHSIN, A., J. SUN, I.M. KHAN, H. HANG, M. TARIQ, X. TIAN, M. GUO. 2019. “Sustainable biosynthesis of curdlan from orange waste by using *Alcaligenes faecalis*: a systematically modeled approach”. *Carbohydrate Polymers* 205: 626–635.
- [23] KORZENIOWSKA, E., I. GALAZKA-CZARNECKA, A. CZARNECKI, A. PIEKARSKA, A. KRAWCZYK. 2018. „Wpływ Impulsowego Pola Elektrycznego na zawartość antocyjanów w winie”. *Przegląd Elektrotechniczny* 1(1): 59–62.
- [24] KOWALSKA, H., E. MASIARZ, P. CHMURZYŃSKI. 2019. „Możliwości wykorzystania skórek z owoców w technologii przekasek pigwowca”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2: 72–79.
- [25] KRINGEL, D.H., A.G.D. DIAS, E.D.R. ZAVAREZE, E.A. GANDRA. 2020. “Fruit wastes as promising sources of starch: extraction, properties and applications”. *Starch-Stärke* 72, 1900200.
- [26] KROL, S., A. NAWIRSKA. 2003. „Usuwanie jonów metali ciężkich na wytlokach owocowych w układach dynamicznych”. *Technologia Alimentaria* 2(1): 21–29.
- [27] LI, X., M. LI, P. JIN, J. ZHANG, Y. ZHENG, X. ZHANG, F. LI. 2019. “Cold plasma treatment induces phenolic accumulation and enhances activity in fresh-cut pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit”. *LTW – Food Science and Technology* 115: 108447.
- [28] LAPCZYŃSKA-KORDON, B., S. LIS, M. TOMASIK. 2019. „Sterowanie procesem mikrofalowego suszenia wybranych owoców i warzyw”. *Przegląd Elektrotechniczny* 95(3): 74–77.
- [29] MANER, S., A.K. SHARMA, K. BANERJEE. 2017. “Wheat flour replacement by wine grape pomace powder positively affects physical, functional and sensory properties of cookies”. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section B: Biological Sciences* 87: 109–113.
- [30] MARSZAŁEK, K., L. WOŹNIAK, S. SKĄPSKA. 2014. „Wysokie ciśnienia w przemyśle owocowo-warzywnym”. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny* 58(11–12): 12–15.
- [31] MARTINSEN, K., K. AABY, G. SKREDE. 2020. “Effect of temperature on stability of anthocyanins, ascorbic acid and color in strawberry and raspberry jams”. *Food Chemistry* 126297.
- [32] MIHALEV, K., R. DINKOVA, V. SHIKOV, P. MOLLOV. 2018. *Classification of Fruit Juices*. W: *Fruit Juices: Extraction, Composition, Quality and Analysis*, red: G. Rajauria, B. Tiwari. Wyd. Academic Press, Plodiv: 33–44.
- [33] MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA, I., M.E. ZUJKO, A. WITKOWSKA. 2011. „Zawartość polifenoli oraz aktywność antyoksydacyjna niektórych przetworów owocowych o znacznym stopniu przetworzenia”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* 3: 905–910.
- [34] MOHSIN, A., J. SUN, I.M. KHAN, H. HANG, M. TARIQ, X. TIAN, M. GUO. 2019. “Sustainable biosynthesis of curdlan from orange waste by using *Alcaligenes faecalis*: a systematically modeled approach”. *Carbohydrate Polymers* 205: 626–635.

- [35] **NABRDALIK, N., P. ŚWISŁOWSKI. 2017.** „Ocena mikrobiologiczna niepasteryzowanych soków owocowych i warzywnych”. *Processing of ECOpole* 11(2): 541–551.
- [36] **NAWIRSKA, A., M. KWAŚNIEWSKA. 2004.** „Fracje błonnika w wytlókach owocowych”. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 3(1): 13–20.
- [37] **NINGRUM, A., SUPRIYADI, S. ANGGRAHINI, L. DYAH KUSUMANINGRUM, M. WIDHI HAPSARI, M. SCHREINER. 2018.** “Valorization of food by product from selected tropical fruits pomace”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 205, 012034.
- [38] **OZIEMBLÓWSKI, M., D. MAKSIMOWSKI, A. MIERNIK, S. TABOR, A. NAWIRSKA-OL-SZAŃSKA, M. TRENKA. 2020.** „Wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na parametry ultrasłabej luminescencji oraz redukcję liczby komórek wybranych drobnoustrojów w ekstraktach kawy typu cold brew”. *Przegląd Elektrotechniczny* 96(1): 158–161.
- [39] **PAWLAK, S., M. SIELICKA. 2016.** Wpływ rozpuszczalnika zastosowanego do ekstrakcji na oznaczoną zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą wytlóków z aronii. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Górecka, E. Pospiecha E. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 25–35.
- [40] **PIWOWAREK, K., E. LIPIŃSKA, E. HAĆ-SZYMAŃCZUK. 2016.** “Possibility of using apple pomaces in the process of propionic-acetic fermentation”. *Electronic Journal of Biotechnology* 23: 1–6.
- [41] **PŁOCHARSKI, W., M. MIESZCZAKOWSKA-FRAC, K. RUTKOWSKI, D. KONOPACKA. 2019.** Tradycyjne i innowacyjne kierunki zagospodarowania jabłek w Polsce. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
- [42] **POBEREŻNY, J., E. WSZELACZYŃSKA. 2013.** „Wpływ metod konserwacji na wybrane cechy jakościowe owoców i warzyw znajdujących się w handlu detalicznym”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 52(2): 92–94.
- [43] **QUILES, A., G.M. CAMPBELL, S. STRUCK, H. ROHM, I. HERNANDO. 2016.** “Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products”. *Food Reviews International* 34(2): 162–181.
- [44] **RAGHUBEER, E.V., B.N PHAN, E. OHUOHA, S. DIGGINS, V. AGUILAR, S. SWANSON, A. LEE. 2020.** “The use of High-Pressure Processing (HPP) to improve the safety and quality of raw coconut (*Cocos nucifera L*) water”. *International Journal of Food Microbiology* 331: 108697.
- [35] **NABRDALIK, N., P. SWISŁOWSKI. 2017.** „Ocena mikrobiologiczna niepasteryzowanych soków owocowych i warzywnych”. *Processing of ECOpole* 11(2): 541–551.
- [36] **NAWIRSKA, A., M. KWAŚNIEWSKA. 2004.** „Fracje błonnika w wytlókach owocowych”. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 3(1): 13–20.
- [37] **NINGRUM, A., SUPRIYADI, S. ANGGRAHINI, L. DYAH KUSUMANINGRUM, M. WIDHI HAPSARI, M. SCHREINER. 2018.** “Valorization of food by product from selected tropical fruits pomace”. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 205, 012034.
- [38] **OZIEMBLÓWSKI, M., D. MAKSIMOWSKI, A. MIERNIK, S. TABOR, A. NAWIRSKA-OL-SZAŃSKA, M. TRENKA. 2020.** „Wpływ pulsacyjnego pola elektrycznego (PEF) na parametry ultrasłabej luminescencji oraz redukcję liczby komórek wybranych drobnoustrojów w ekstraktach kawy typu cold brew”. *Przegląd Elektrotechniczny* 96(1): 158–161.
- [39] **PAWLAK, S., M. SIELICKA. 2016.** Wpływ rozpuszczalnika zastosowanego do ekstrakcji na oznaczoną zawartość związków fenolowych i aktywność przeciwutleniającą wytlóków z aronii. W: *Zagospodarowanie ubocznych produktów przemysłu spożywczego*, red. D. Górecka, E. Pospiecha E. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Wyd. PTTŻ Oddział Wielkopolski: 25–35.
- [40] **PIWOWAREK, K., E. LIPINSKA, E. HAC-SZYMANCZUK. 2016.** “Possibility of using apple pomaces in the process of propionic-acetic fermentation”. *Electronic Journal of Biotechnology* 23: 1–6.
- [41] **PŁOCHARSKI, W., M. MIESZCZAKOWSKA-FRAC, K. RUTKOWSKI, D. KONOPACKA. 2019.** Tradycyjne i innowacyjne kierunki zagospodarowania jabłek w Polsce. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.
- [42] **POBEREŻNY, J., E. WSZELACZYŃSKA. 2013.** „Wpływ metod konserwacji na wybrane cechy jakościowe owoców i warzyw znajdujących się w handlu detalicznym”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 52(2): 92–94.
- [43] **QUILES, A., G.M. CAMPBELL, S. STRUCK, H. ROHM, I. HERNANDO. 2016.** “Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products”. *Food Reviews International* 34(2): 162–181.
- [44] **RAGHUBEER, E.V., B.N PHAN, E. OHUOHA, S. DIGGINS, V. AGUILAR, S. SWANSON, A. LEE. 2020.** “The use of High-Pressure Processing (HPP) to improve the safety and quality of raw coconut (*Cocos nucifera L*) water”. *International Journal of Food Microbiology* 331: 108697.

- [45] ROJAS, M.L., P.E.D. AUGUSTO, J.A. CÁRCEL. 2020. "Ethanol pre-treatment to ultrasound-assisted convective drying of apple". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 61: 102328.
- [46] SALEHIA, F., S. AGHAJANZADEH. 2020. "Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review". *Trends in Food Science & Technology* 95: 162–172.
- [47] SIEMIANOWSKA, E., A. WESOŁOWSKI, A. BARSZCZ, M. RADZYMIŃSKA, M. ALJEWICZ, J. TYBURSKI. 2016. „Wytłoki owocowe jako dodatek do kruchych ciastek”. *Przemysł Spożywczy* 70(10): 41–45.
- [48] SKRZYPLONEK, K. 2016. "Zimna plazma jako niekonwencjonalna metoda utrwalania żywności". *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego* 4/4(20): 28–33.
- [49] SZWEDZIAK, K., E. POLAŃCZYK, M. DĄBROWSKA-MOLENDA, A. KAMIŃSKA. 2017. „Technologia i tłoczenie soków owocowych w kontekście oceny jakości”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 71–76.
- [50] TARKO, T., A. DUDA-CHODAK, A. BEBAK. 2012. „Aktywność biologiczna wybranych wytlóków owocowych oraz warzywnych”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4(83): 55–65.
- [51] TRIGO, J.P., E.M.C. ALEXANDRE, J.A. SARAIVA, M.E. PINTADO. 2020. "High value-added compounds from fruit and vegetable by-products – Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(8): 1388–1416.
- [52] VOROBIEV, E., N. LEOVKA. 2010. "Enhanced Extraction from Solid Foods and Biosuspension by Pulsed Electrical Energy". *Food Engineering Reviews* 2: 95–108.
- [53] WICHROWSKA, D., E. ŻARY-SIKORSKA. 2015. „Właściwości prozdrowotne jabłkowych wytlóków poprasowych”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 54(5): 286–287.
- [54] WITCZAK, T., A. STEPIEŃ, D. GUMUL, T. ZIEBA, M. WITCZAK. 2020. "The influence of the extrusion process with a minimal addition of corn meal on selected properties of fruit pomaces". *Journal of Food Process Engineering* 43(4), e13382
- [55] WITCZAK, T., A. STEPIEŃ, D. GUMUL, M. WITCZAK, G. FIUTAK, T. ZIEBA. 2021. "The influence of the extrusion process on the nutritional composition, physical properties and storage stability of black chokeberry pomaces". *Food Chemistry* 334, 127548
- [56] WITROWA-RAJCHERT, D., M. DADAN, K. RYBAK, M. NOWACKA, A. WIKTOR. 2017. „Optymalizacja metodą płaszczyzn odpowiedzi suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego liści pietruszki podanych działaniu ultradźwięków oraz obróbce parą wodną”. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 589: 15–25.
- [45] ROJAS, M.L., P.E.D. AUGUSTO, J.A. CARCEL. 2020. "Ethanol pre-treatment to ultrasound-assisted convective drying of apple". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 61: 102328.
- [46] SALEHIA, F., S. AGHAJANZADEH. 2020. "Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review". *Trends in Food Science & Technology* 95: 162–172.
- [47] SIEMIANOWSKA, E., A. WESOŁOWSKI, A. BARSZCZ, M. RADZYMIŃSKA, M. ALJEWICZ, J. TYBURSKI. 2016. „Wytłoki owocowe jako dodatek do kruchych ciastek”. *Przemysł Spożywczy* 70(10): 41–45.
- [48] SKRZYPLONEK, K. 2016. „Zimna plazma jako niekonwencjonalna metoda utrwalania żywności”. *Inżynieria Przetworstwa Spożywczego* 4/4(20): 28–33.
- [49] SZWEDZIAK, K., E. POLANCZYK, M. DĄBROWSKA-MOLENDA, A. KAMINSKA. 2017. „Technologia i tłoczenie soków owocowych w kontekście oceny jakości”. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 71–76.
- [50] TARKO, T., A. DUDA-CHODAK, A. BEBAK. 2012. „Aktywność biologiczna wybranych wytlóków owocowych oraz warzywnych”. *Żywność Nauka Technologia Jakosc* 4(83): 55–65.
- [51] TRIGO, J.P., E.M.C. ALEXANDRE, J.A. SARAIVA, M.E. PINTADO. 2020. "High value-added compounds from fruit and vegetable by-products - Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(8): 1388–1416.
- [52] VOROBIEV, E., N. LEOVKA. 2010. "Enhanced Extraction from Solid Foods and Biosuspension by Pulsed Electrical Energy". *Food Engineering Reviews* 2: 95–108.
- [53] WICHROWSKA, D., E. ZARY-SIKORSKA. 2015. „Wlasciwosci prozdrowotne jabłkowych wytlóków poprasowych”. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* 54(5): 286–287.
- [54] WITCZAK, T., A. STEPIEN, D. GUMUL, T. ZIEBA, M. WITCZAK. 2020. "The influence of the extrusion process with a minimal addition of corn meal on selected properties of fruit pomaces". *Journal of Food Process Engineering* 43(4), e13382
- [55] WITCZAK, T., A. STEPIEN, D. GUMUL, M. WITCZAK, G. FIUTAK, T. ZIEBA. 2021. "The influence of the extrusion process on the nutritional composition, physical properties and storage stability of black chokeberry pomaces". *Food Chemistry* 334, 127548
- [56] WITROWA-RAJCHERT, D., M. DADAN, K. RYBAK, M. NOWACKA, A. WIKTOR. 2017. „Optymalizacja metoda płaszczyzn odpowiedzi suszenia mikrofalowo-konwekcyjnego lisci pietruszki podanych działaniu ultradźwięków oraz obróbce parą wodną”. *Zeszyty Problemowe Postepow Nauk Rolniczych* 589: 15–25.

- [57] **WITROWA-RAJCHERT, D., A. FABISIAK, J. GŁUSZKO. 2003.** „Wpływ temperatury na wybrane właściwości jabłek suszonych konwekcyjnie i sublimacyjnie”. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 2(35): 19–27.
- [58] **ZALEWSKA, M., A. OTRESZKO-ARSKI, M. ZALEWSKI. 2016.** „Wpływ suszenia konwekcyjnego i liofilizacji na barwę wybranych owoców”. *Aparatura badawcza i dydaktyczna* 3: 141–145.

- [57] **WITROWA-RAJCHERT, D., A. FABISIAK, J. GŁUSZKO. 2003.** „Wpływ temperatury na wybrane właściwości jabłek suszonych konwekcyjnie i sublimacyjnie”. *Zywnosc Nauka Technologia Jakość* 2(35): 19–27.
- [58] **ZALEWSKA, M., A. OTRESZKO-ARSKI, M. ZALEWSKI. 2016.** „Wpływ suszenia konwekcyjnego i liofilizacji na barwę wybranych owoców”. *Aparatura badawcza i dydaktyczna* 3: 141–145.