

Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA
Prof. dr hab. Andrzej LENART
Dr hab. inż. Agata MARZEC
Dr. inż. Agnieszka CIURZYŃSKA
Mgr inż. Joanna CICHOWSKA
Mgr inż. Kinga CZAJKOWSKA
Mgr Mariusz WOJNOWSKI
Mgr inż. Maria HANKUS

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

ROZWÓJ ZRÓWNOWAŻONYCH TECHNOLOGII W PRZETWARZANIU PRODUKTÓW UBOCZNYCH W PROZDROWOTNE SKŁADNIKI WZBOGACAJĄCE I PRODUKTY SPOŻYWCZE®

Development of sustainable processing technologies for converting
by-products into healthy, added value ingredients and food products®

Słowa kluczowe: zrównoważone technologie, produkty uboczne, wzbogacanie.

Aktualnie przemysł spożywczy zapewnia duże urozmaicenie na rynku produktów spożywczych. Żywność wytwarzana z wykorzystaniem alternatywnych zrównoważonych systemów jest coraz bardziej doceniana zarówno przez producentów jak i konsumentów. Przy przetwórstwie owoców i warzyw powstają produkty uboczne zawierające naturalne bio składniki, co skłania producentów do ich ponownego wykorzystania. Dla konsumentów korzystne jest spożywanie produktów o wysokiej zawartości tych składników. Na szczególne zainteresowanie zasługują owoce jagodowe. Składniki pozyskiwane m.in. z ich skórek, miąższu, pestek mogą stanowić cenne źródło substancji odżywczych, takich jak związki polifenolowe, błonnik pokarmowy lub olejki aromatyczne, które mogą zostać wykorzystane w przemyśle spożywczym, kosmetycznym lub farmaceutycznym. W ramach projektu ERA-NET SUSFOOD realizowanego w Katedrze Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji na Wydziale Nauk o Żywności SGGW prowadzone są badania przy współpracy z ośrodkami naukowymi w Szwecji i Niemczech. Projekt ma na celu opracowanie innowacyjnych, zrównoważonych technologii w całym łańcuchu żywnościowym poprzez ekstrakcję nadkrytyczną („zielona technologia”) i stabilizację składników ekstrahowanych z produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego oraz opracowanie technologii wytwarzania żywności z bioskładnikami wzbogacającymi. Optymalizacja i dostosowanie ekstrakcji składników z owocowych i warzywnych produktów ubocznych może pomóc w odzyskiwaniu związków bioaktywnych oraz zastosowaniu ich w nowych technologiach jako naturalnych składników wzbogacających.

Key words: sustainable technology, by-product, enrichment.

Food industry provides a large variety of food products on the market. Produced food using alternative sustainable systems is more highly regarded by both manufacturers and consumers. During the fruit and vegetable processing by-products are formed which, due to the content of natural biocomponents, press manufacturers to reuse. From the consumer's side, they desired products with a high content of these components. The solution may be obtaining valuable substances from the by-products. Of particular interest are berries. Obtained ingredients, among others, from the skins, pulp, seeds can be a valuable source of nutrients, such as polyphenolic compounds, fiber or fragrance oils that can be used in food, cosmetics or pharmaceuticals. The project ERA-NET SUSFOOD carried out in the Department of Food Engineering and Process Management at the Faculty of Food Sciences (WULS) research is conducted in collaboration with research centers in Sweden and Germany. The project aims to develop innovative, sustainable technologies throughout the food chain by extraction with supercritical (“green technology”) and stabilization ingredients extracted from by-products fruit and vegetable industry and to develop technologies for producing foods with enriching biocomponents. Optimization and adaptation extraction of biocomponents from fruit and vegetables by-products may be wider an interest in the recovery of bioactive compounds and their use in new technologies as natural enriching ingredients.

ZRÓWNOWAŻONY SYSTEM PRODUKCJI ŻYWNOSCI

Wytwarzanie żywności w sposób konwencjonalny może wpływać negatywnie na środowisko naturalne poprzez zakłócenie różnorodności biologicznej, zakwaszenie gleby, zanieczyszczenie gleby pozostałościami pestycydów, emisję gazów cieplarnianych [23]. Niezwykle istotne jest opracowanie nowych metod wytwarzania żywności mających na celu ochronę środowiska naturalnego. Pojęcie zrównoważonego rozwoju po raz pierwszy zostało użyte przez Komisję Brundtland (Światową Komisję Środowiska i Rozwoju Organizacji Narodów Zjednoczonych) w 1983 roku. Termin został zdefiniowany jako społeczne, ekonomiczne i gospodarcze postępowanie zapewniające ludziom produktywnie i zdrowe życie w sposób, który nie zagraża zdolności przyszłych pokoleń do zaspokajania swoich potrzeb. Według Tiwari i in. [29] istotą zrównoważonego rozwoju wytwarzania żywności jest:

- wykorzystywanie surowców, które mogą być produkowane na bieżąco, bez negatywnego wpływu na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę kraju;
- brak zależności od źródeł energii, które w perspektywie długoterminowej mogą ulec wyczerpaniu;
- wytwarzanie takich produktów, które wpływają korzystnie na zdrowie człowieka.

Zasady zrównoważonego rozwoju w produkcji żywności mają na celu zaspokojenie potrzeb ludności bez negatywnego wpływu na środowisko i społeczeństwo. Opracowano zasady zrównoważonego rozwoju przemysłu spożywczego [4], z których na szczególną uwagę zasługują:

- dostęp do bezpiecznej, przystępnej cenowo i bogatej w wartości odżywcze żywności, służącej promowaniu i wspieraniu zdrowego społeczeństwa;
- korzystny wpływ produkcji rolnej na środowisko, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych i utrzymanie zdrowego klimatu, ziemi, wody i bioróżnorodności;
- osiągnięcie wysokich standardów wydajności środowiska poprzez zmniejszenie zużycia energii, minimalizację nakładu zasobów i wykorzystanie energii odnawialnej tam, gdzie jest to możliwe;
- zapobieganie powstawaniu strat składników żywności i odpadów w całym łańcuchu dostaw oraz tam, gdzie to możliwe, ponowne ich wykorzystanie.

Zrównoważony rozwój to nie tylko coraz bardziej efektywne wykorzystanie energii i zasobów naturalnych. Pojęcie obejmuje również zmianę w praktykach biznesowych przedsiębiorstw, mających na celu minimalizację wpływu ludzi na środowisko i zmniejszenie zależności od zasobów nieodnawialnych [22]. Alternatywne systemy wytwarzania żywności uznawane są za bardziej przyjazne środowisku, korzystne społecznie i kulturowo oraz bardziej opłacalne ekologicznie. Zachęcają one do bezpośredniego włączenia się wszystkich stron występujących w systemie żywnościowym – począwszy od rolników przez producentów i tych, którzy korzystają z ich pracy – konsumentów [12]. Wiele czynników może powodować nagle zmiany popytu konsumpcyjnego, m.in. ekstremalne pogodowe, odwołane imprezy, nowe informacje na

temat zdrowia czy żywności. Zrównoważony rozwój wymaga znacznie więcej niż zobowiązanie do równowagi popytu i podaży, ponieważ wiele z tych czynników jest trudnych do przewidzenia, kontroli lub uniknięcia. Wymaga poznania możliwości zagospodarowania dodatkowych pokładów żywności oraz odpadów [26]. Stosowanie czystych technologii zwiększa bezpieczeństwo i jakość produktu, jak również zmniejsza zapotrzebowanie na energię oraz oddziaływanie przemysłu spożywczego na środowisko.

Celem artykułu jest przedstawienie rozwoju zrównoważonych technologii w przetwarzaniu spożywczych produktów ubocznych w prozdrowotne składniki wzbogacające i produkty spożywcze.

PRODUKTY UBOCZNE I ODPADY W PRZEMYSLE OWOCOWYM I WARZYWNYM

Odpady żywnościowe obejmują gotowe produkty lub surowce wyrzucane na każdym etapie łańcucha żywnościowego. Natomiast odpady nieuniknione obejmują niejadalne części surowca (ogonki, pestki, skórki, kości, skorupki jaj) [1]. Na całym świecie tracona lub marnowana jest jedna trzecia żywności. Szacuje się jej ilość na około 1,3 mld ton rocznie, w tym udział owoców i warzyw stanowi około 44% [4]. Obciążenie środowiska wynikające z globalnego marnotrawstwa żywności wciąż rośnie, a tym samym rośnie wartość marnowanej energii potrzebnej na jej wyprodukowanie.

W przetwórstwie owocowo-warzywnym generuje się duże ilości odpadów, stanowiących istotny problem dla środowiska. Są to skórki, nasiona, szypułki, a także niewykorzystane surowce, które zostały wyeliminowane na różnych etapach procesu, np. w wyniku niezgodnych wymiarów. Rocznie w EU produkuje się ponad 1 milion ton odpadów związanych z przetwórstwem warzyw [19]. Głównymi przyczynami powstawania odpadów podczas produkcji owoców i warzyw oraz ich dystrybucji są obicia, uszkodzenia skórki, starzenie, wędnięcie i gnienie. Niektóre z nich są wynikiem nieostrożnego obchodzenia się z surowcem podczas zbioru, sortowania i nieodpowiedniego pakowania [22]. Głównym źródłem odpadów stałych jest proces tłoczenia, w którym skórki, nasiona i miążgę oddziela się od soku. W wyciekach tkwi niewykorzystany potencjał wielu substancji (bioskładników), jak flawonoidy i pektyny. Jednocześnie według Artes-Hernandez i in. [3] ilość produktów ubocznych w przetwórstwie owoców i warzyw w najbliższych latach będzie stopniowo wzrastać, a ich utylizacja będzie jednym z poważniejszych problemów.

METODY ODZYSKIWANIA BIOSKŁADNIKÓW

W celu odzyskania bioskładników pochodzenia roślinnego stosuje się różne procesy. Oprócz tradycyjnych metod, takich jak konwencjonalna ekstrakcja ciała stałe - ciecz, w ostatnich latach opracowano technologie wydobywania bardziej wydajne i przyjazne dla środowiska. Związki bioaktywne mogą zostać wyodrębnione poprzez ekstrakcję przy współudziale ultradźwięków (zioła i skórki winogron), impulsowego pola elektrycznego, enzymów (oleje jadalne), mi-

krofali, ekstrakcji rozpuszczalnikiem pod obniżonym ciśnieniem oraz poprzez ogrzewanie omowe i parą przegrzaną, a także ekstrakcję płynem w stanie nadkrytycznym. Również proces filtracji membranowej umożliwia przetwarzanie żywności spełniające zapotrzebowanie konsumentów na produkty bogate w cenne białki i nie zawierające dodatków chemicznych. Proces jest stosunkowo prosty i krótki. Zachodzi on w niskich temperaturach, dlatego cenne i termowrażliwe związki nie są tracone. Metody technologii membranowej dają możliwość zwiększenia bezpieczeństwa żywności i zmniejszenia zużycia energii oraz mają korzystny wpływ na środowisko [24].

Ze skórek owoców powszechnie odzyskiwane są pektyny, które mogą być następnie wykorzystane w przemyśle spożywczym [10, 20]. Odzyskiwanie pektyn obejmuje tłoczenie miazgi z owoców, następnie ekstrakcję oraz koncentrację przez zagęszczanie [10]. Przy użyciu stosunkowo prostych metod z pektyny, kazeinianu oraz kropelek tłuszczu można wytworzyć hydrożelowe cząstki (kulki), mogące posłużyć do formowania produktów spożywczych o obniżonej kaloryczności [9]. Naturalne substancje słodzące można otrzymać z produktów ubocznych przetwórstwa cykori przez ekstrakcję wyłoków alkoholami. Otrzymałą ciecz poddaje się procesowi odparowania, krystalizacji i suszenia. Przeciwnutleniacze są wydobywane z wyłoków owoców w wyniku ekstrakcji różnymi rozpuszczalnikami organicznymi, jak etanol, heksan, aceton. Następnie ekstrakt poddaje się frakcjonowaniu i oczyszczaniu. Z wyłoków z oliwek lub łuskanych ziaren można wydobyć olejki eteryczne za pomocą różnych technik, np. przez tłoczenie na zimno, ekstrakcję nadkrytyczną lub destylację. Włókna błonnikowe, zarówno rozpuszczalne jak i nierozpuszczalne można otrzymać z wyłoków owoców poprzez mielenie, wirowanie lub odwadnianie mechaniczne [24].

ZAŁOŻENIA PROJEKTU ERA-NET SUSFOOD

Rozpatrując możliwości pełnego zagospodarowania surowców roślinnych, na uwagę zasługują surowce odpadowe, które charakteryzują się znaczną zawartością związków biologicznie czynnych i mogą znaleźć zastosowanie w wytwarzaniu żywności funkcjonalnej lub wzbogaconej. Większość produktów ubocznych jest usuwana jako odpady i najczęściej kompostowana. Błonnik pokarmowy i pektyny występujące w wyłokach jabłek, a także związki fenolowe w wyłokach z aronii lub róży powinny być w pełni zagospodarowane. Na szczególne zainteresowanie zasługuje opracowanie i zoptymalizowanie odzyskania tych składników. Drugie ważne zagadnienie to opracowanie technologii wytwarzania produktów z uwzględnieniem zastosowania tych związków. Obecnie producentom trudniej jest sprostać wymaganiom konsumentów, ponieważ zaczęli oni zwracać uwagę na spożywanie żywności, w składzie której dominują substancje naturalne. Spowodowało to wzrost zainteresowania produktami ubocznymi rolnictwa i ekstrakcją z nich związków o wysokiej wartości, które były marnowane jako odpad.

Obecnie Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji (KIŻiOP) prowadzi badania pt: „Sustainable & Healthy - Development of sustainable processing technologies for converting by-products into healthy, added value ingredients

and food products” – „Rozwój zrównoważonych technologii przetwarzania do przekształcania produktów ubocznych w prozdrowotne składniki wzbogacające i produkty spożywcze”. Są one związane z przedstawionymi wyżej zagadnieniami w ramach projektu ERA-NET SUSFOOD. Katedra jako członek konsorcjum współpracuje z ośrodkiem naukowym w Szwecji (koordynator) oraz dwoma w Niemczech.

Nazwa projektu jest skrótem od zrównoważonej produkcji żywności i konsumpcji - *Sustainable Food Production and Consumption*. Jest to europejski projekt współpracy międzynarodowej, który składa się z sieci 25 partnerów (ośrodków naukowych) z 16 krajów europejskich. Projekt ma charakter interdyscyplinarny, ponieważ obejmuje dziedziny nauki od biologii po inżynierię produkcji z włączeniem nauk społecznych. Finansowany jest ze środków 7 Programu Ramowego Unii Europejskiej.

Projekt ma przyczynić się do:

- wzrostu zrównoważenia produkcji żywności (np. poprzez redukcję emisji CO₂, zużycie energii i wody) oraz redukcji strat w łańcuchu żywnościowym jako odpowiedź na zwiększający się popyt na żywność;
- zmniejszenia wpływu produkcji żywności na środowisko;
- polepszenia jakości żywności i życia w sposób zrównoważony (łatwiejszy dostęp do żywności i zdrowej diety);
- zachęcenia społeczeństwa do zrównoważonych postaw i zachowań konsumenckich;
- zwiększenia elastyczności w obrocie żywnością.

Głównym celem projektu realizowanego w Katedrze IŻiOP (SGGW - Polska) oraz w Szwedzkim Instytucie Żywności i Biotechnologii, w Uniwersytecie RUHR w Bochum (Niemcy) i w Uniwersytecie Technicznym w Berlinie (Niemcy) jest określenie możliwości zagospodarowania owocowych produktów ubocznych. W zakresie badań ujęto opracowanie innowacyjnych technologii sprzyjających ochronie środowiska w całym łańcuchu żywnościowym poprzez pełne wykorzystanie owoców uwzględniając następujące procesy: dobór parametrów ekstrakcji nadkrytycznej wyłoków owoców jagodowych, dobór metod i parametrów stabilizacji pozyskanych ekstraktów oraz dobór parametrów odwadniania osmotycznego i różnych metod suszenia oraz wzbogacania owoców (jabłka, truskawki) z zastosowaniem pozyskanych ekstraktów oraz koncentratu soku z aronii.

Ekstrakcja płynów w stanie nadkrytycznym zaliczana jest do tzw. zielonych technologii, ponieważ nie wymaga rozpuszczalników organicznych. W projekcie badane są różne parametry procesu w celu optymalizacji i dopasowywania ekstrakcji związków fenolowych i bioaktywnych olejków z produktów ubocznych z owoców. Podejmowane są próby stabilizacji ekstraktów w postaci emulsji lub proszku. Stabilność ekstraktów pozwoli przechowywać je w temperaturze otoczenia bez utraty właściwości bioaktywnych. Ułatwi to także wprowadzenie i stosowanie bioaktywnych ekstraktów do produktów o wartości dodanej (wzbogacanych). Stabilizowane ekstrakty bioaktywne zostaną wykorzystane do opracowania prozdrowotnych produktów spożywczych, jak emulsje lub wzbogacone susze z owoców. Aby osiągnąć niskie wykorzystanie energii w sposób zrównoważony, stosowane

będą odpowiednio niskie temperatury emulgowania, odwadniania osmotycznego oraz suszenia. W celu obniżenia zużycia energii w czasie przechowywania a także uniknięcia obniżenia bioaktywnej funkcjonalności produktów, kładziony będzie nacisk na rozwój produktów o wartości dodanej, które będą stabilne w temperaturze pokojowej.

Zakres projektu obejmuje zbadanie nowych kierunków wytwarzania prozdrowotnych produktów spożywczych poprzez:

- optymalizację ekstrakcji związków fenolowych, bioaktywnych związków rozpuszczalnych w tłuszczach i oleju z nasion jako produktów odpadowych z przetwórstwa jagód, wykorzystując ekstrakcję nadkrytyczną w połączeniu z pulsującym polem elektrycznym lub obróbką wstępną przy użyciu ultradźwięków,
- stabilizację ekstraktów w postaci proszku z zastosowaniem innowacyjnych technologii skoncentrowanych proszków,
- upowszechnienie nowych emulsji spożywczych o wartości dodanej, opartych o produkty najwyższej jakości przy wykorzystaniu bioaktywnych ekstraktów, z zastosowaniem nietermicznej technologii produkcji emulsji,
- opracowanie nowych suszy owocowych wysokiej jakości o wartości dodanej przy użyciu bioaktywnych ekstraktów stosowanych do odwadniania osmotycznego,
- przeniesienie wiedzy ze środowiska naukowego do przemysłowego.

Stronami zainteresowanymi tego projektu są: producenci żywności korzystający z owoców jako surowca do produkcji soków, producenci wytwarzający wyroby na bazie emulsji o niskiej zawartości tłuszczu, zupy, koktajle, a także producenci, którzy wykorzystują suszone owoce w swoich produktach (płatki śniadaniowe, jogurty, lody).

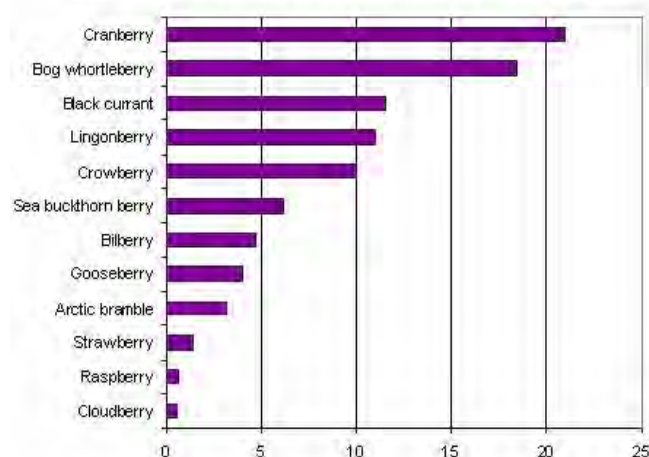
BIOPOTENCJAŁ OWOCÓW I WARZYW, PRODUKTÓW UBOCZNYCH I MOŻLIWOŚCI WZBOGACANIA

Owoce jagodowe, takie jak borówki, jeżyny, porzeczki, aronia, żurawina, maliny i truskawki (Rys. 1) są szczególnie bogatym źródłem przeciwutleniaczy reprezentowanych przez witaminę C oraz związki polifenolowe, wśród których można wyróżnić antocyjany, kwasy fenolowe, flawanole, flawonole i garbniki [16, 28].

Owoce zawierają wiele cennych dla zdrowia składników bioaktywnych. Wykazują działanie antykancerogenne. Całkowita aktywność antyoksydacyjna 100 g żurawiny jest równoważna 3120 mg witaminy C, a jabłek, czerwonych winogron i truskawek odpowiednio 1740, 1140 i 1130 mg witaminy C. Najwyższe działanie antyproliferacyjne przeciwko ludzkim komórkom raka wątroby in vitro zaobserwowano przy spożywaniu żurawiny, cytryn, jabłek, truskawek, czerwonych winogron, bananów i grejpfruta. Owoce te wykazywały zdolność do hamowania wzrostu komórek raka ludzkiej wątroby in vitro [25]. Niektóre owoce zawierają w swoim składzie dużą ilość związków polifenolowych, charakteryzujących się działaniem odtruwającym i redukującym toksyny w organizmie. Zaliczamy do nich m.in. aronię, czarną

porzeczkę, wiśnie oraz truskawki. Aronia wyróżnia się ze względu na właściwości odżywcze i antytoksyczne. Owoce aronii zawierają cenne dla zdrowia witaminy i mikroelementy, np. witaminę P, karoten, witaminę C, znaczne ilości wapnia i żelaza oraz kwas chlorogenowy [6].

Content of flavonols in Finnish berries (mg/100g)



Rys. 1. Zawartość flawonoli w fińskich owocach jagodowych.

Fig. 1. The flavonols content in Finnish berries.

Źródło: Opracowano na podstawie [16]

Source: Study based on [16]

Waloryzacja jest stosunkowo nowym pojęciem w dziedzinie zarządzania pozostałościami przemysłowymi i promuje zasadę zrównoważonego rozwoju. W rozpatrywanym kontekście oznacza proces tworzenia wartości z mało wartościowych odpadów i produktów ubocznych przemysłu spożywczego [8]. Liczne badania wykazały, że zawartość związków fitochemicznych, np. antyoksydantów jest wyższa w przypadku skórek i nasion w porównaniu do tkanki mięszonej części jadalnej owocu. W skórkach z jabłek, brzoskwiń, gruszek stwierdzono obecność podwójnej ilości związków fenolowych w stosunku do ich zawartości w miąższu [14]. Inne badania wykazały obecność składników odżywczych zawartych w skórce jabłek, takich jak flawonoidy, kwasy fenolowe oraz bogate źródło błonnika pokarmowego [7, 31]. Błonnik pokarmowy zawarty w skórce owoców i warzyw (jabłka, gruszki, pomarańcze, brzoskwinie, czarne porzeczki, wiśnie, karczochy, szparagi) wykorzystywany jest jako źródło suplementów diety [3]. Skórki owoców granatu oraz mango zawierają wiele cennych związków: polifenoli, karotenoidów, enzymów, błonnika oraz pektyn, natomiast skórka melona jest bogata w magnez, a arbuza w potas [3]. Wytłoki winogron zawierają składniki, z których można uzyskać produkty o wysokiej wartości odżywczej, takie jak etanol, winian, jabłczan, kwas cytrynowy, olej z pestek winogron, hydrokoloidy i błonnik pokarmowy. Ekstrakty z wytłoków winogron mogą być stosowane jako funkcjonalne składniki wzbogaconej żywności jak również do barwienia produktów, dzięki obecności antocyjanów [20].

Niektóre firmy poszukują rozwiązań umożliwiających przetwarzanie różnego typu odpadów, ponieważ ich usuwanie często sprawia wiele trudności. Problemem są m.in. skórki ziemniaków, a także skrobia rozpuszczalna, która powoduje zatykanie rur w ściekach [24]. Postrzegana jest też

potrzeba rozwoju innowacyjnych technologii do utylizacji odpadów stałych z tłoczenia soków. Odpady po procesie tłoczenia owoców jagodowych zawierają szczególnie cenne związki, takie jak flawonoidy i olejki aromatyczne. Przy stosowaniu właściwej technologii, np. nadkrytycznej ekstrakcji, związki te można odzyskać i zastosować w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym.

Podobnie podczas przetwórstwa warzyw wytwarzana jest duża ilość produktów ubocznych. W skórce pomidorów oznaczono 2,5 razy wyższy poziom likopenu niż w pulpie, w tym znaczne ilości związków fenolowych i kwasu askorbinowego [13]. Benakmoum i in. [5] wykazali, że wzbogacanie olejów o niskiej jakości w skórki z pomidorów zwiększa stężenie β -karotenu i likopenu, dzięki czemu skórki te mogą stanowić alternatywne podejście do opracowania nowych produktów żywności funkcjonalnej. Artes-Hernandez i in. [3] wykazali, że w przetwórstwie szparagów powstaje około 30% produktów ubocznych, które są bogatym źródłem rutyny i protodioscyny (aktywne składniki suplementów diety). Natomiast wyciąg z pozostałości karczocha jest bogaty w polifenole i wykazuje wysoką aktywność przeciwutleniającą. Obecnie ekstrakt z karczocha dodawany jest do herbaty, wina oraz kosmetyków. Podobnie produkty uboczne powstające przy obróbce brokułów są bogate w związki siarki i azotu, glukozynolany i fenole, jak również składniki odżywcze (witaminy i związki mineralne). Zielona herbata wzbogacona w ekstrakt z brokułów wykazała poprawę właściwości fizycznych, składu fitochemicznego i zdolności antyoksydacyjnej [11]. Kalafior, który charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem odpadów, jest uważany za bogate źródło błonnika oraz posiada zarówno właściwości przeciwutleniające jak i przeciwnowotworowe. Stojceska i in. [27] prowadzili badania nad włączeniem skrawków kalafiora do gotowych do spożycia przekąsek. Zmielony susz produktów ubocznych kalafiora w ilości 5-20% dodano do przekąski, zwiększając ilość błonnika w gotowym produkcie o ponad 100% oraz zwiększając zawartość białka i wskaźnik pochłaniania wody.

Produkty uboczne owoców i warzyw zawierają także kwasy tłuszczowe. Nasiona melona wykazują wysoką zawartość lipidów, białek oraz obecność kwasów tłuszczowych, głównie linolowego, oleinowego, palmitynowego i stearynowego. Również nasiona arbuza stanowią źródło dobrej jakości oleju i białka. Ponadto, skóra arbuza jest bogatym źródłem aminokwasów. Skórka ziemniaka charakteryzuje się zawartością żelaza, a wysoki poziom wapnia wykazano w skórce ogórka (porównywalny z zawartością wapnia w odtłuszczonej mleku w proszku) [3].

Prowadzone były również badania nad wykorzystaniem do produkcji nanocząstek złota odpadów spożywczych, takich jak skórki, łodygi i nasiona winogron. Wytworzone nanocząstki złota oraz katechiny mogą znaleźć zastosowanie w medycynie, w obrazowaniu molekularnym oraz w terapii nowotworów [21]. Florydyzyna, najbardziej rozpowszechniony związek fenolowy występujący w ekstraktach wyłóków z jabłek stanowi podstawową strukturę nowej klasy doustnych leków przeciwcukrzycowych [20].

Odpady powstające przy przetwarzaniu owoców i warzyw, głównie skórki zewnętrzne są biodegradowalne. Odpady w połączeniu z innymi materiałami wykorzystuje się

głównie jako surowiec do kompostowania lub do produkcji biogazu. Przeprowadzone zostały również badania nad wykorzystaniem pozostałości po ekstrakcji kawy (fusów) do produkcji paliw, nawozów oraz paszy dla zwierząt [10]. W krajach rozwijających się niektóre uprawy zbóż, np. kukurydzy, pszenicy, sorgo i prosa mają podwójne przeznaczenie. Ich ziarna zapewniają żywność dla ludzi, a pozostałości wykorzystywane są jako pasza dla zwierząt [17].

W beztlenowych komorach fermentacyjnych także przetwarzane są produkty uboczne przemysłu spożywczego. W zachodzących w nich procesach powstają użyteczne produkty, jak metan wykorzystywany do produkcji energii, chemikalia specjalistyczne, np. estry, enzymy, przeciwutleniające oraz składniki żywności – kwasy organiczne, witaminy. Fermentacja beztlenowa jest wykorzystywana najczęściej do produkcji metanu przez symbiotyczne mikroorganizmy. Produktem tego procesu jest paliwo o wysokiej wartości energetycznej wynoszącej 12 000 kcal/kg [10, 30]. Odpady przetwórstwa owoców i warzyw są bogate w węglowodany, dlatego mogą być stosowane jako źródło cukrów fermentujących. Etanol może być wytwarzany bezpośrednio z wyłóków z owoców o dużej zawartości cukru oraz pozostałości przetwórstwa żywności, np. melasy buraczanej, serwatki w proszku, skórki ziemniaków, osadów chmielowych i jabłek. Wydajność etanolu zależy od początkowej zawartości węglowodanów w tych odpadach [30].

WZBOGACANIE ŻYWNOCI

Poszukuje się rozwiązań ograniczających ilość wytwarzanych produktów ubocznych. Z punktu widzenia potencjalnie istotnych korzyści dla zdrowia konsumentów, przetwarzanie żywności obejmuje możliwość wytwarzania żywności funkcjonalnej, fortyfikacji (wzbogacania) lub suplementacji produktów. Ustawodawstwo wielu krajów nakłada na producentów żywności obowiązek wzbogacania konkretnych produktów spożywczych w witaminy i związki mineralne w celu uzupełnienia ich niedoborów w diecie. Do tego typu produktów należą margaryny i preparaty dla niemowląt z dodatkiem witamin A i D, mąka i płatki śniadaniowe z witaminą B. W praktyce w ostatnich latach poszerzono zakres wzbogacania żywności w substancje biochemicznie czynne, takie jak przeciwutleniacze i sterole roślinne, które zapewniają poprawę samopoczucia i niosą korzyści zdrowotne [26]. Zasadniczym celem wytwarzania żywności funkcjonalnej jest uzupełnianie codziennej diety w środki spożywcze zawierające tzw. „wartość dodaną”, np. poprzez zwiększenie zawartości naturalnych substancji prozdrowotnych z określonego źródła, usunięcie niepożądanych składników lub dodanie nowych (modyfikacja smaku i koloru, podwyższenie właściwości prozdrowotnych) lub poprzez zwiększenie biodostępności substancji czynnych [3]. Suplementacja mineralna stała się bardzo popularnym sposobem na uzupełnienie niedoborów wynikających z diety. Wzbogacanie owoców i warzyw w związki mineralne jak żelazo, wapń lub cynk pomaga uniknąć wielu chorób. Procesem umożliwiającym wprowadzenie do żywności związków istotnych z fizjologicznego punktu widzenia (zdrowia człowieka) jest odwadnianie osmotyczne. Składniki rozpuszczone są w roztworze osmotycznym i mogą być łatwo wprowadzone w matrycę tkanki roślinnej dzięki różnicy ciśnienia osmotycznych panujących w układzie [2].

Przeprowadzono badania nad wzbogacaniem czterech rodzajów chleba (40 g warzyw i 100 g chleba) burakami różnych odmian o zabarwieniu białym i czerwonym, marchwią z kolendrą oraz czerwoną papryką z pomidorami. Pieczywo wzbogacone w warzywa było powszechnie akceptowane przez konsumentów, dlatego może ono umożliwić zwiększenie spożycia warzyw wśród ludzi [18]. Soki z jabłek, borówek i żurawin wraz z wodnym ekstraktem z imbiru i wybranymi aminokwasami, witaminami i związkami mineralnymi zostały wykorzystywane do stworzenia kardio-protectywnego napoju funkcjonalnego. Ocena sensoryczna wykazała, że fortyfikacja wybranymi składnikami funkcjonalnymi przy poziomie 10% zalecanego dziennego spożycia (RDI) nie miała wpływu na cechy sensoryczne napoju [15].

PODSUMOWANIE

Produkcja i przetwórstwo żywności ma zasadnicze znaczenie dla światowej gospodarki i pozwala zapewnić zdrowie i dobrobyt ludziom. Głównym jej celem jest dopasowanie podaży bezpiecznej dla konsumenta żywności do rosnącego zapotrzebowania żywieniowego ludności na świecie w możliwie najbardziej zrównoważony sposób, tzn. taki, który może być kontynuowany w przyszłości i jest oparty na wykorzystywaniu i wspieraniu dobrobytu pokoleń. Mając na uwadze potrzebę zwiększania produkcji żywności w przyszłości, przemysł spożywczy będzie musiał zmierzyć się z takimi problemami, jak: zastąpienie nieodnawialnych zasobów odnawialnymi, minimalizacja odpadów i ścieków, ograniczenie zużycia wody i energii oraz efektywna logistyka.

LITERATURA

- [1] **ADENSO-DIAZ B., MENA C. 2014.** Food industry waste management. In: Sustainable Food Processing (eds. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 435-462.
- [2] **AGNELLI M. E. 2012.** Air and osmotic partial dehydration, infusion of special nutrients, and concentration of juices. In: Operations in Food Refrigeration (ed. R.H. Mascheroni). Taylor & Francis Group, USA: 197-213.
- [3] **ARTES-HERNANDEZ F., GOMEZ P. A., AGUAYO E., TOMAS-CALLEJAS A., ARTES F. 2014.** Sustainable processing of fresh-cut fruit and vegetables. In: Sustainable Food Processing (eds. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 219-268.
- [4] **BALDWIN CH. J. 2015.** The 10 principles of food industry sustainability (ed. Ch. J. Baldwin). John Wiley & Sons, USA: 1-35, 65-89, 143-163.
- [5] **BENAKMOUM A., ABBEDDOU S., AMMOUCHE A., KEFALAS P., GERASOPOULOS D. 2008.** „Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste”. Food Chemistry 110: 684-690.
- [6] **BIAŁEK M., RUTKOWSKA J., HALLMANN E. 2012.** „Aronia czarnoowocowa (*Aronia Melanocarpa*) jako potencjalny składnik żywności funkcjonalnej”. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 6(85): 21-30.
- [7] **BOYER J., LIU R.H. 2004.** „Apple phytochemicals and their health benefits”. Nutrition Journal 3: 5.
- [8] **CHANDRASEKARAN M. 2013.** Need for valorization of food processing by-products and wastes. In: Valorization of Food Processing By-Products (ed. M. Chandrasekaran). Taylor & Francis Group, USA: 91-106.
- [9] **CHUNG CH., DEGNER B., DECKER E. A., McCLEMENTS D. J. 2013.** „Oil-filled hydrogel particles for reduced-fat food applications: Fabrication, characterization, and properties”. Innovative Food Science and Emerging Technologies 20: 324-334.
- [10] **DIEU T. T. M. 2009.** Food processing and food waste. In: Sustainability in the Food Industry (ed. Ch. J. Baldwin), Wiley-Blackwell, USA: 23-60.
- [11] **DOMÍNGUEZ-PERLES R., MORENO D., CARVAJAL M., GARCÍA-VIGUERA C. 2011.** „Composition and antioxidant capacity of a novel beverage produced with green tea and minimally-processed by-products of broccoli”. Innovative Food Science and Emerging Technology 12: 361-368.
- [12] **FEENSTRA G. 2002.** „Creating space for sustainable food systems: Lessons from the field”. Agriculture and Human Values 19: 99-106.
- [13] **GEORGE B., KAUR C., KHURDIYA D.S., KAPOOR H.C. 2004.** „Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype”. Food Chemistry 84: 45-51.
- [14] **GORINSTEIN S., MARTÍN-BELLOSO O., PARK Y.S., HARUENKIT R., LOJEK A., CIZ M., CASPI A., LIBMAN I., TRAKHTENBERG S. 2001.** „Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits”. Food Chemistry 74(3): 309-316.
- [15] **GUNATHILAKE K. D. P. P., VASANTHA RUPASINGHE H. P., PITTS N. L. 2013.** „Formulation and characterization of a bioactive-enriched fruit beverage designed for cardio-protection”. Food Research International 52: 535-541.
- [16] **HÄKKINEN S., HEINONEN M., KÄRENLAMPI S., MYKKÄNEN H., RUUSKANEN J., TÖRRÖNEN R. 1999.** „Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries”. Food Research International 32(5): 345-353.
- [17] **HERRERO M., THORNTON P. K., NOTENBAERT A. M., WOOD S., MSANGI S., FREEMAN H. A., BOSSIO D., DIXON J., PETERS M., VAN DE STEEG J., LYNAM J., PARTHASARATHY RAO P., MACMILLAN S., GERARD B., MCDERMOTT J., SERÉ C., ROSEGRANT M. 2010.** „Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems”. Science 327: 822-825.
- [18] **HOBBS D. A., ASHOURI A., GEORGE T. W., LOVEGROVE J. A., METHVEN L. 2014.** „The consumer acceptance of novel vegetable-enriched bread products as a potential vehicle to increase vegetable consumption”. Food Research International 58: 15-22.

- [19] **INTERNET:** Eurostat (2005). <http://www.ec.europa.eu/research/press/2005/pr0510en.cfm>, dostęp 04.2015.
- [20] **KAMMERER D. R., KAMMERER J., VALET R., CARLE R. 2014.** „Recovery of polyphenols from the by-products of plant food processing and application as valuable food ingredients”. *Food Research International* 65: 2-12.
- [21] **KRISHNASWAMY K., VALI H., ORSAT V. 2014.** „Value-adding to grape waste: Green synthesis of gold nanoparticles”. *Journal of Food Engineering* 142: 210-220.
- [22] **MORAWICKI R. O. 2012.** *Handbook of Sustainability for the Food Sciences* (ed. R. O. Morawicki), John Wiley & Sons, USA: 3-21, 189-245, 343-360.
- [23] **O’KANE G. 2011.** „What is the real cost of our food? Implications for the environment, society and public health nutrition”. *Public Health Nutrition* 15(2): 268–276.
- [24] **PAP N., PONGRACZ E., MYLLYKOSKI L., KEISKI R. L. 2014.** Waste minimization and utilization in the food industry: Valorization of food industry wastes and byproducts. In: *Advances in food process engineering* (ed. J. K. Sahu). Taylor and Francis Group, USA: 595-629.
- [25] **RUANO-RAVIÑA A., PÉREZ-RÍOS M., BARROSDIOS J. M. 2011.** Plants antioxidants and lung cancer risk. In: *Bioactive Foods and Extracts Cancer Treatment and Prevention* (eds. R. R. Watson, V. R. Preedy). Taylor and Francis Group, USA: 455-469.
- [26] **SIBBELA. 2014.** Sustainable Processed Food. In: *Sustainable Food Processing* (ed. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 313-336.
- [27] **STOJCESKA V., AINSWORTH P., PLUNKETT A., YBANODLU E., YBANODLU S. 2008.** „Cauliflower by-products as a new source of dietary fiber, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks”. *Journal of Food Engineering* 87: 554–563.
- [28] **SZAJDEK A., BOROWSKA E. J. 2008.** „Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review”. *Plant Foods For Human Nutrition* 63: 147-156.
- [29] **TIWARI B. K., NORTON T., HOLDEN N. M. 2014.** *Introduction*. In: *Sustainable Food Processing* (ed. B. K. Tiwari, T. Norton, N. M. Holden). John Wiley & Sons, USA: 1-7.
- [30] **WANG L. 2014.** Waste management in food processing. In: *Advances in food process engineering* (ed. J. K. Sahu). Taylor and Francis Group, USA: 559-593.
- [31] **WOLFE K., Liu R.H. 2003.** „Apple peels as a value-added food ingredient”. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51: 76–83.