

Mgr inż. Joanna CICHOWSKA
Dr hab. inż. Hanna KOWALSKA
Mgr inż. Kinga CZAJKOWSKA
Mgr Maria HANKUS

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

WYKORZYSTANIE POTENCJAŁU ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO I PROZDROWOTNYCH WŁAŚCIWOŚCI OWOCÓW W KREOWANIU NOWYCH PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH®

The potential of osmotic dehydration and healthy properties of fruit
in the creation of new food products®

Badania były: Wspierane finansowo przez SUSFOOD ERA-NET/NCBiR (Narodowe Centrum Badań i Rozwoju); Projekt 5/SH/SUSFOOD1/2014. Okres realizacji: 2014-2016, Polska.

Współfinansowane z dotacji MNISW na działalność statutową Wydziału Nauk o Żywności Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Słowa kluczowe: odwadnianie osmotyczne, owoce, produkty uboczne, wzbogacanie.

Przemysł spożywczy charakteryzuje się dużą dynamiką rozwoju. Z uwagi na zmieniające się wymagania i preferencje konsumentów istnieje potrzeba kreowania nowych produktów spożywczych, a także wprowadzania innowacji. Na rynku istnieje również zapotrzebowanie na produkty o wysokim potencjale odżywczym. Odpowiedzią mogą być owoce odwadniane osmotycznie, a następnie suszone. Produkty uboczne powstające przy przetwórstwie owoców i warzyw zawierają naturalne biokomponenty, które można ponownie wykorzystać, np. wzbogacając produkty w składniki prozdrowotne. Stanowi to wartość dodaną i stanowi atrakcyjność produktów, ponieważ ich spożycie wpływa korzystnie na zdrowie konsumentów. Cenne źródło substancji odżywczych, takich jak związki polifenolowe lub błonnik pokarmowy znajduje się w wyłokach owoców jagodowych. Również świeże owoce, nieznacznie przetworzone, mogą stanowić innowację na rynku jako produkty o wysokiej wartości odżywczej. W ostatnich latach wzrasta zainteresowanie takimi produktami zarówno wśród producentów jak i konsumentów. Wynika to z większej świadomości ludzi i poszukiwania żywności „prozdrowotnej”.

Key words: osmotic dehydration, fruit, by-product, enrichment.

The food industry is characterised by high dynamics of development. Due to the changing expectations and preferences of consumers, there is a need to create new food products, as well as innovation. On the market there is also a demand for products with high nutritional potential. The answer may be osmo-dehydrated fruit, and then dried. The by-products arising from the processing of fruit and vegetables contain natural biocompounds, which can be reused, for example to enriching products in health-promoting ingredients. This is a value-added product and is attractive to consumers because their consumption is beneficial to their health. A valuable source of nutrients such as polyphenols or dietary fiber is in the pomace berries. Fresh fruit slightly processed may be an innovation in the market by offering products with high nutritional value. In recent years among producers and consumers increasing interest of these products. This is due to greater awareness of the people and the search for food “pro-healthy”.

ZASTOSOWANIE ODWADNIANIA OSMOTYCZNEGO

Niezwykle istotne z punktu widzenia gospodarki, a także środowiska naturalnego jest stosowanie czystych technologii produkcji. Dąży się do zmniejszenia zapotrzebowania na energię oraz oddziaływania przemysłu spożywczego na

otoczenie [22]. Jednym z najmniej energochłonnych procesów w technologii żywności jest odwadnianie osmotyczne [2]. Jest to proces obróbki wstępnej pozwalający zachować naturalne właściwości produktów mało przetworzonych [10]. Ma wiele zalet, wśród których można wymienić m.in. wzbogacanie odwadnianych owoców lub warzyw w biokomponenty korzystnie wpływające na zdrowie konsumentów,

Adres do korespondencji – Corresponding author: Joanna Cichowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk o Żywności, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, ul. Nowoursynowska 159 C, 02-776 Warszawa, e-mail: joanna_cichowska@sggw.pl

dużą elastyczność w zakresie doboru surowca oraz kształtowanie profilu smakowego, co rozszerza zakres jego potencjalnych zastosowań przemysłowych. Łagodna obróbka cieplna powoduje mniejsze zmiany barwy wywołane czynnikami termicznymi, a dzięki usunięciu części wody z produktu zmniejsza się czas ekspozycji na działanie podwyższonej temperatury (ograniczenie termicznej degradacji związków) podczas kolejnych etapów przetwarzania [38]. Kawałki owoców otoczone cząsteczkami cukru są dobrze zabezpieczone przed enzymatycznym brązowieniem oraz utlenianiem [31]. Równie istotnym aspektem jest częściowe utrwalenie produktu i skrócenie czasu suszenia, z jednocześnie zwiększeniem wydajności pracy suszarek (zmniejszenie zużycia energii o 20-30%) [8, 34].

Do wad odwadniania osmotycznego można zaliczyć dużą lepkość roztworu osmotycznego oraz małą różnicę gęstości między materiałem a roztworem. Współczynnik dyfuzji jest odwrotnie proporcjonalny do lepkości układu, zatem wzrost lepkości przyczynia się do zwiększenia oporu przenoszenia masy. Różnica gęstości wpływa na to, że surowiec odwadniany unosi się na powierzchni roztworu. Wymagane jest więc zastosowanie dodatkowych środków mechanicznych, zapewniających stałe zanurzenie w roztworze. Różnorodny charakter produktów spożywczych nie pozwala na nieograniczone zwiększanie operacji mieszania, która mogłaby obniżać lepkość układu [27]. Proces odwadniania osmotycznego powoduje obniżenie aktywności wody w produkcie, ale nie zapewnia całkowitej trwałości. W związku z tym wymagane jest końcowe utrwalenie, np. poprzez zastosowanie procesów mrożenia, pasteryzacji, suszenia konwekcyjnego, mikrofalowego czy liofilizacji [26].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości wykorzystania odwadniania osmotycznego oraz prozdrowotnych składników owoców w kreowaniu nowych produktów spożywczych.

KREOWANIE NOWYCH PRODUKTÓW SPOŻYWCZYCH

Na rynku istnieje zapotrzebowanie na produkty o wysokim potencjale odżywczym. Odpowiedzią mogą być owoce odwadniane osmotycznie, np. w formie chipsów owocowych. Utrzymanie zróżnicowanej diety mogą zapewnić suplementy diety oraz żywność funkcjonalna, czyli wzbogacona w substancje wpływające korzystnie na ludzki organizm [15]. Chipsy owocowe już od kilku lat można znaleźć na rynku produktów spożywczych. Badacze w dalszym ciągu zajmują się pogłębianiem tej tematyki, żeby w możliwie jak największym stopniu udoskonalić technologię produkcji przekąsek. Velickova i wsp. [37] otrzymali chipsy jabłkowe z wykorzystaniem odwadniania osmotycznego w 40% roztworze glukozy i suszenia konwekcyjnego w czasie 2 godzin. Nowy produkt został zaakceptowany przez 95% panelistów. Nie odnotowano znaczących zmian jakości przez 6 miesięcy przechowywania w 25°C w atmosferze modyfikowanej. Betoret i wsp. [6] opracowali technologię produkcji probiotycznej przekąski z jabłek. Stosowali oni impregnację próżniową a także odwadnianie osmotyczne w soku mandarynkowym i ananasowo-winogronowym z dodatkiem szczepów *Lactobacillus salivarius* i *Lactobacillus acidophilus*. W końcowym etapie produkt suszono przez 24 godziny. Otrzymana

przekąska miała potencjalny wpływ na infekcje spowodowane *Helicobacter pylori*. W swoich wcześniejszych badaniach Betoret i wsp. [7] wzbogacali tkankę roślinną jabłek wykorzystując odwadnianie osmotyczne w soku jabłkowym z dodatkiem szczepu *Saccharomyces cerevisiae* oraz pełnego mleka i szczepu *Lactobacillus casei*. Osiągnięty poziom zawartości tych szczepów w produktach był na podobnym poziomie do nabiałowych produktów komercyjnych.

Truskawki odwadniane osmotycznie i podsuszone do średniej zawartości wody stanowią atrakcyjny produkt o dobrych właściwościach organoleptycznych, przeznaczony do bezpośredniego spożycia oraz jako dodatek do ciast, produktów mlecznych lub nadzień cukierniczych [24]. Durrani i Verma [11] wykazali atrakcyjność produktu Amla Murabba uzyskanego z owoców Alma v. Banarsi poddanego obróbce osmotycznej w roztworze miodu o stężeniu 55-60° Brix.

WYKORZYSTANIE PROZDROWOTNYCH SKŁADNIKÓW OWOCÓW

Antocyjany stanowią największą i najważniejszą grupę naturalnych barwników rozpuszczalnych w wodzie. Ich bogatym źródłem są owoce *Garcinia indica Choisy* (kokum) [17]. Prozdrowotne właściwości owoców kokum są wykorzystywane w leczeniu biegunki, dyzenterii (czerwonki), zapaleniach skóry, chorobach serca. Wykazują skuteczność jako przeciwutleniacz, środek zakwaszający i pobudzający apetyt, pomagają w terapii nowotworów, posiadają właściwości redukujące tłuszcz w organizmie człowieka [23, 35]. Ekstrakt pozyskany z tego surowca posłużył do stworzenia nowego produktu żywnościowego – cukierków ze skórki arbuza. Usunięto zielony naskórek, kostki blanszowano, odwadniano w roztworze sacharozy z dodatkiem ekstraktu z antocyjanów, a następnie suszono i obtaczano w cukrze. Produkt spotkał się z wysoką akceptacją produktu pod względem konsystencji, smaku i wyglądu. Wykazywał stabilność przez 90 dni przy przechowywaniu w warunkach otoczenia (75% wilgotności) w folii LDPE i PET/LDPE [4].

Kolejnym cennym źródłem antocyjanów są owoce borówki. Mają korzystny wpływ na układ sercowo-naczyniowy oraz zmniejszenie stanu zapalnego u osób cierpiących na zespół metaboliczny.

Wytłoki powstałe w wyniku produkcji soku z borówki są cennym źródłem błonnika pokarmowego [3]. Również pozostałe owoce jagodowe, tj. jeżyny, porzeczki, aronia, żurawina, maliny i truskawki zawierają znaczne ilości przeciwutleniaczy reprezentowanych przez witaminę C oraz związki polifenolowe [14, 36]. Jurkiewicz i wsp. [16] wyprodukowali ciastka ze starych odmian pszenicy wzbogacone wytłokami (10-30%) z truskawek, malin, aronii, czarnej porzeczki i jabłek. Zaobserwowano lepszą jakość ciastek z dodatkiem wytłoków z truskawek, malin i czarnej porzeczki. Ciastka charakteryzowały się dobrymi parametrami przechowywalniczymi, tj. niską aktywnością wody i wilgotnością. Dodatek wytłoków podnosił aktywność antyoksydacyjną, a także wpływał na wzmocnienie walorów sensorycznych i prozdrowotnych ciastek.

Gunathilake i wsp. [13] stworzyli kardio-protekcynny napój funkcjonalny, który zawierał w swoim składzie sok

z jabłek, borówek i żurawin oraz wodny ekstrakt z imbiru, wybrane aminokwasy, witaminy i związki mineralne. Ocena sensoryczna wykazała, że fortyfikacja wybranymi składnikami funkcjonalnymi przy poziomie 10% zalecanego dziennego spożycia (RDI) nie miała wpływu na cechy sensoryczne napoju.

Rożek i wsp. [29, 30] wykazali możliwość wzbogacania tkanki świeżych owoców i warzyw związkami fenolowymi pozyskanymi z winogron. Bellary i Rastogi [5] w swoich badaniach stosowali roztwór sacharozy (0-50%) jako sposób wprowadzenia kurkuminoidów do plasterów kokosowych.

Banany wykazują wysoki potencjał antyoksydacyjny mający działanie przeciwnowotworowe. Zawierają również potas korzystny dla mięśni, żelazo korzystne w regulacji ciśnienia krwi, serotoninę pomagającą przezwyciężyć lub zapobiegać depresji, a także związki przeciwutleniające. Badacze donoszą, że zmniejszają ryzyko chorób neurodegeneracyjnych, hamują procesy starzenia, zmniejszają ryzyko występowania chorób zwyrodnieniowych, jak również poprawiają wrażliwość na insulinę i mają działanie hipocholesterolemiczne [32]. Wykorzystując prozdrowotne właściwości tych owoców opracowano technologię produkcji smażonych bananów w kształcie krążków o średnicy 2 cm i grubości 2 mm. Kawalki owoców smażono w temperaturze 160°C przez 5 min w oleju słonecznikowym. Zaobserwowano, że wcześniejsza obróbka osmotyczna w 45°Brix roztworze sacharozy i 1, 5% roztworze NaCl przyczyniła się do znacznie mniejszej zawartości tłuszczu i wilgoci w końcowym produkcie, niż w przypadku bananów nie poddanych odwadnianiu [28]. Odwadnianie osmotyczne przeprowadzone przed smażeniem częściowo wyeliminowuje część wody zawartej w żywności, zmniejsza absorpcję oleju, zmiany koloru, jak również struktury frytek podczas późniejszego smażenia w głębokim tłuszczu [18].

PROBLEM ZAGOSPODAROWANIA ZUŻYTYCH ROZTWORÓW OSMOTYCZNYCH

Przy rozpatrywaniu procesu odwadniania osmotycznego pojawia się problem zagospodarowania użytych w procesie roztworów osmoaktywnych. Zużyte roztwory stanowią odpad, który należałoby odprowadzić do ścieków, jednak wcześniej muszą być oczyszczone ze względu na zbyt wysoką wartość BZT₅ (biochemiczne zapotrzebowanie tlenu). Są one zanieczyszczone dużą ilością węglowodanów, jak również pozostałościami materiału poddawanego obróbce. Z tego względu niezwykle istotne jest opracowanie technik umożliwiających powtórne zagospodarowanie zużytych roztworów osmotycznych, tym samym oszczędzając miliardy litrów wody potrzebnych do rozcieńczenia i obniżając koszty związane z obróbką ścieków, jak również przeciwdziałając zanieczyszczeniu środowiska i emisji gazów cieplarnianych [33]. Zwiększenie zawartości składników organicznych, służących jako substrat do wzrostu drobnoustrojów skutkuje tym, że syropy nie mają odpowiedniej czystości mikrobiologicznej [9]. W celu jej zapewnienia Kucner i wsp. [19] prowadzili badania, z których wynika, że obróbka termiczna syropu w 100°C przez 40 s jest najbardziej optymalna z punktu widzenia retencji polifenoli oraz jakości mikrobiologicznej.

Kolejnym aspektem ukazującym problem zagospodarowania zużytych roztworów osmotycznych jest zmiana właściwości tych roztworów w wyniku procesu, tj. pH, aktywności wody, lepkości. Mogłyby one mieć wpływ na kinetykę procesu przy zastosowaniu ich w kolejnym cyklu. Wielokrotne użycie roztworu koncentratu fruktooligosacharydów wiąże się z hydrolizą sacharydów, spowodowaną obecnością enzymów i kwasów przenikających z owoców do roztworu. Ponadto występują zmiany sensoryczne (głównie barwy i smaku) [9, 26]. Moraga i wsp. [21] wykazali, że zużyty roztwór może być ponownie użyty do odwadniania osmotycznego grejpfruta do maksymalnie 5 cykli osmotycznych bez konieczności zatężania roztworu. Peiro i wsp. [25] wykazali, że w wyniku odwodnienia ananasa zużyty roztwór może być wykorzystany do 15 cykli bez zatężania. Niektóre rozpuszczalne w wodzie składniki, takie jak kwas cytrynowy, pektyny i składniki mineralne, obecne w świeżych owocach mogą jednak przenikać do roztworu osmotycznego.

Jednym z popularnych trendów w przemyśle spożywczym jest traktowanie produktów ubocznych jako surowców wtórnych oraz jako składników nowych, innowacyjnych produktów. Martin-Esparza i wsp. [20] opracowali truskawkowy żel owocowy o atrakcyjnym wyglądzie, wykorzystując do tego celu zużyty wcześniej roztwór osmotyczny z dodatkiem karagenianu. Garcia i wsp. [12] badali możliwość zastosowania syropu cukrowego (sacharozy), który wcześniej został wykorzystany przy suszeniu osmo-konwekcyjnym owoców mango, do produkcji wina. Zaobserwowali oni, że otrzymany produkt był dobrej jakości, nie różnił się w sposób znaczący od wina handlowego i był akceptowalny przez konsumentów. Roztwory osmotyczne mogą być również stosowane jako dodatki do dżemów, syropy do konserw owocowych oraz surowce do produkcji napojów owocowych i naturalnych aromatów [9]. Kolejnym rozwiązaniem problemu zagospodarowania jest przekształcenie syropów cukrowych w koncentraty fruktooligosacharydów [1] oraz przeprowadzenie procesu karbonizacji hydrotermicznej. Prowadzono liczne badania dotyczące ekstrakcji zużytych roztworów osmotycznych powstałych przy odwadnianiu borówki. Stosowano różne metody, aby wyekstrahować antocyjany i polifenole, m.in. wykorzystując CO₂ w stanie nadkrytycznym i wodę pod obniżonym ciśnieniem oraz etanol, kwas cytrynowy, SO₂ i enzymy. Niemniej jednak żadna z tych prób nie zakończyła się sukcesem [33]. Recykling zużytych roztworów osmotycznych jest zastrzeżony w postaci patentów [27].

PODSUMOWANIE

Tworzenie nowych produktów spożywczych odpowiadających na potrzeby konsumentów, przy jednoczesnym uwzględnieniu uwarunkowań przemysłu spożywczego może zostać zrealizowane dzięki zastosowaniu procesu odwadniania osmotycznego. Równocześnie warto wziąć pod uwagę bogactwo związków występujących w owocach, które oddziałują korzystnie na prawidłowe funkcjonowanie organizmu ludzkiego. Połączenie świata natury z odpowiednio zaprojektowanym przetwórstwem żywności może stanowić potencjał do zmian i ciągłego udoskonalania rynku produktów żywnościowych.

LITERATURA

- [1] **AACHARY A. A., S. G. PRAPULLA. 2009.** "Value addition to spent osmotic sugar solution (SOS) by enzymatic conversion to fructooligosaccharides (FOS), a low calorie prebiotic". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 10: 284-288.
- [2] **ASTYK S. 2009.** "Dehydration". In: *Independence Days: A Guide to Sustainable Food Storage & Preservation* (ed. S. Astyk). New Society Publishers, Canada: 177-190.
- [3] **AURA A. M., U. HOLOPAINEN-MANTILA, J. SIBAKOV, T. KOSSO, M. MOKKILA, P. KAISA. 2015.** "Bilberry and bilberry press cake as sources of dietary fibre". *Food & Nutrition Research* 59: 28367.
- [4] **BELLARY A. N., A.R. INDIRAMMA, M. PRAKASH, R. BASKARAN, N. K. RASTOGI. 2016.** "Anthocyanin infused watermelon rind and its stability during storage". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 33: 554-562.
- [5] **BELLARY A. N., N. K. RASTOGI. 2012.** "Effect of hypotonic and hypertonic solutions on impregnation of curcuminoids in coconut slices". *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 16: 33-40.
- [6] **BETORET E., N. BETORET, A. ARILLA, M. BEN-NÁR, C. BARRERA, P. CODOÑER, P. FITO. 2012.** "No invasive methodology to produce a probiotic low humid apple snack with potential effect against *Helicobacter pylori*". *Journal of Food Engineering* 110: 289-239.
- [7] **BETORET N., L. PUENTE, M. J. DIAZ, M. J. PAGAN, M. J. GARCIA, M. L. GRAS, J. MARTINEZ-MONZO, P. FITO. 2003.** "Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation". *Journal of Food Engineering* 56: 273-277.
- [8] **CHWASTEK A. 2014.** "Methods to increase the rate of mass transfer during osmotic dehydration of foods". *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 13(4): 341-350.
- [9] **DALLA ROSA M., F. GIROUX. 2001.** "Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management". *Journal of Food Engineering* 49: 223-236.
- [10] **DELGADO J. M. P. Q., M. VÁZQUEZ DA SILVA. 2014.** „Food Dehydration: Fundamentals, Modelling and Applications”. In: *Transport Phenomena and Drying of Solids and Particulate Materials* (eds. J. M. P. Q. Delago, A. G. Barbosa de Lima). Springer-Verlage, New York: 69-94.
- [11] **DURRANI A. M., S. VERMA. 2011.** "Preparation and Quality evaluation of honey Amla Murabba". *Journal of Industrial Research & Technology* 1(1): 40-45.
- [12] **GARCIA A. S., J. PARK, H. JEONG, Y. PARK, K. CHUNG, J. LEE. 2009.** "Wine production using osmotic solution from dried mango process". *Food Engineering Progress* 13: 130-137.
- [13] **GUNATHILAKE K. D. P. P., H. P. VASANTHARUPASINGHE, N. L. PITTS. 2013.** "Formulation and characterization of a bioactive-enriched fruit beverage designed for cardio-protection". *Food Research International* 52: 535-541.
- [14] **HÄKKINEN S, M. HEINONEN, S. KÄRENLAMPI, H. MYKKÄNEN, J. RUUSKANEN, R. TÖRRÖNEN. 1999.** "Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries". *Food Research International* 32(5): 345-353.
- [15] **HAMAN J., R. HOŁOWNICKI, R. MICHAŁEK, J. ŻMUDA. 2012.** „Misja nauk rolniczych w rozwoju polskiego sektora rolno-spożywcze”. *Inżynieria Rolnicza* 4(139): 465-483.
- [16] **JURKIEWICZ P., A. SZLACHTOWICZ, N. WDO-WIAK. 2016.** „Sensory analysis as a tool in the design of innovative food product of the biscuit industry”. *Product & Process Management. Environmental Focus*, Poznań, 11-12 May 2016.
- [17] **KRISHNAMURTHY N., Y. S. LEWIS, B. RAVINDRANATH. 1982.** "Chemical constituents of kokum fruit rind". *Journal of Food Science and Technology* 19: 97-100.
- [18] **KROKIDA M.K. V., OREOPOULOU, Z. B. MAROULIS, D. MARINOS KOURIS 2001.** "Effect of osmotic dehydration pretreatment on quality of French fries". *Journal of Food Engineering* 49: 339-345.
- [19] **KUCNER A., A. PAPIEWSKA, R. KLEWICKI, M. SÓJKA, E. KLEWICKA. 2014.** "Influence of thermal treatment on the stability of phenolic compounds and the microbiological quality of sucrose solution following osmotic dehydration of highbush blueberry fruits". *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 13(1): 79-88.
- [20] **MARTÍN-ESPARZA M. E., I. ESCRICHE, L. PENAGOS, N. MARTÍNEZ-NAVARRETE. 2008.** "Quality stability assessment of a strawberry-gel product during storage". *Journal of Food Engineering* 34: 204-223.
- [21] **MORAGA M.J., G. MORAGA, M. N. NAVARRETE. 2011.** "Effect of the reuse of the osmotic solution on the stability of osmo-dehydrorefrigerated grapefruit". *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 44: 35-41.
- [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] **NAYAKA I RASTOGI. 2010.** "Effect of selected additives on microencapsulation of anthocyanin by spray drying". *Drying Technology* 28(12): 1396-1404.
- [24] **OGONEK A., A. LENART, I. SJÖHOLM. 2005.** „Wpływ wielkości truskawek na wymianę masy w czasie odwadniania osmotycznego”. *Inżynieria Rolnicza*, 9(69): 241-246.
- [25] **PEIRO M.R., M.M. CAMACHO, M.N. NAVARRETE. 2007.** "Compositional and physicochemical changes associated to successive osmodehydration

- cycles of pineapple (*Ananas comosus*)". *Journal of Food Engineering* 79: 842-849.
- [26] **PIASECKA E., M. UCZCIWEK, R. KLEWICKI. 2009.** „Odwadnianie osmotyczne owoców w roztworach zawierających fruktooligosacharydy”. *Zywność Nauka Technologia Jakość* 2(63): 138-153.
- [27] **RASTOGI N. K., K. S. M. S. RAGHAVARAO, K. NIRANJAN. 2005.** “Developments in Osmotic Dehydration”. In: *Emerging Technologies for Food Processing* (ed. Da-Wen Sun). Academic Press, India, 221-249.
- [28] **RODRIGUEZ G. C., C. L. ZULUAGA, L. F. PUERTA, L. V. RUIZ. 2013.** „Physicochemical parameters assessment in banana frying osmodeshidratado”. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11(1): 123-129.
- [29] **ROZEK A., I. ACHAERANDIO, C. GUELL, F. LOPEZ, M. FERRANDO. 2009.** “Grape phenolic impregnation by osmotic treatment, influence of osmotic agent on mass transfer and product characteristics”. *Journal of Food Engineering* 94: 59-68.
- [30] **ROZEK A., V.J. GARCIA PEREZ, F. LOPEZ, C. GUELL, M. FERRANDO. 2010.** “Infusion of grape phenolics into fruits and vegetables by osmotic treatment, phenolic stability during air drying”. *Journal of Food Engineering* 99: 142-150.
- [31] **RUIZ-LÓPEZ I. I., R. I. CASTILLO-ZAMUDIO, M. A. SALGADO-CERVANTES, G. C. RODRÍGUEZ-JIMENES, M. A. GARCÍA-ALVARADO. 2010.** “Mass Transfer Modeling During Osmotic Dehydration of Hexahedral Pineapple Slices in Limited Volume Solutions”. *Food and Bioprocess Technology* 3: 427-433.
- [32] **SINGH B., J. P. SINGH, A. KAUR, N. SINGH. 2016.** “Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review”. *Food Chemistry* 206: 1-11.
- [33] **SINGH K., L. SIVANADAN. 2014.** “Hydrothermal Carbonization of Spent Osmotic Solution (SOS) Generated from Osmotic Dehydration of Blueberries”. *Agriculture* 4: 239-259.
- [34] **SUTAR N., P. P. SUTAR. 2013.** “Developments in osmotic dehydration of fruits and vegetable-a review”. *Trends in Post Harvest Technology* 1(1): 20-36.
- [35] **SWAMI S. B., N. J. THAKOR, S.C. PATIL. 2014.** “Kokum (*Garcinia Indica*) and its Many Functional Components as Related to the Human Health: A Review”. *Journal of Food Research and Technology* 2(4): 130-142.
- [36] **SZAJDEK A., E. J. BOROWSKA. 2008.** „Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review”. *Plant Foods For Human Nutrition* 63: 147-156.
- [37] **VELICKOVA E., E. WINKELHAUSEN, S. KUZMANOVA. 2014.** “Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying”. *Journal of Food Science and Technology* 51(12): 3691-3701.
- [38] **YADAV A. K., S. V. SINGH. 2012.** “Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review”. *Journal of Food Science and Technology*, doi: 10.1007/s13197-012-0659-2, opublikowany online 22.02.2012.