

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI BŁYSKAWICZNYCH KLEIKÓW KUKURYDZIANO-ŻURAWINOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD PARAMETRÓW PROCESU EKSTRUZJI

Magdalena Kręcisz[✉], Agnieszka Wójtowicz

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu dodatku żurawiny oraz prędkości obrotowej ślimaka na wydajność, energochłonność procesu ekstruzji, a także gęstość w stanie usypowym i wskaźnik zdolności żelowania błyskawicznych kleików kukurydzianych. Pomiar wydajności procesu ekstruzji prowadzono poprzez określenie masy ekstrudatu uzyskanego w określonym czasie. Energochłonność procesu wyznaczano, wykorzystując wskaźnik jednostkowego zapotrzebowania energii mechanicznej (*SME*). Gęstość w stanie usypowym określono jako stosunek luźno usypanego ekstrudatu do zajmowanej przez niego objętości. Wskaźnik objętościowy żelowania wyznaczono jako stosunek objętości powstałego żelu do objętości suchej próby. Opierając się na wynikach przeprowadzonych badań stwierdzono, że czynnikiem w większym stopniu wpływającym na wydajność i energochłonność procesu oraz gęstość w stanie usypowym była zmienna prędkość obrotowa ślimaka stosowana podczas wytwarzania kleików kukurydziano-żurawinowych. Wraz ze zwiększeniem prędkości obrotowej ślimaka wzrastała energochłonność i wydajność procesu ekstruzji oraz zmniejszała się gęstość w stanie usypowym ekstrudatów. Dodatek żurawiny w większym stopniu niż zmienna prędkość ślimaka wpływał na wskaźnik objętościowy żelowania, wraz ze zwiększeniem ilości dodatku wzrastała wartość tego wskaźnika.

Słowa kluczowe: kleik, ekstruzja, energochłonność procesu, gęstość usypowa, kaszka kukurydziana, żurawina

WSTĘP

Owoce i warzywa stanowią istotny składnik codziennej diety. Zalicza się je do grupy produktów charakteryzujących się niską kalorycznością, dużą zawartością witamin, składników mineralnych i węglowodanów. Składniki zawarte w tych surowcach regulują

[✉]magdalena_krecisz@wp.pl

procesy przemiany materii, które zachodzą w organizmie człowieka, a także chronią przed działaniem stresu oksydacyjnego. Owoce, warzywa czy zioła są źródłem biologicznie aktywnych związków, które, tak jak witaminy, nie są wytwarzane przez organizm człowieka i powinny być dostarczane wraz z pożywieniem [Moussa-Ayoub i in. 2015, Różyło i in. 2016].

Żurawina jest wieloletnią, wiecznie zieloną krzewinką niskopięnną z rodziny wrzosiowatych (*Ericaceae*). Najdokładniej poznane są dwa z czterech gatunków tej rośliny: amerykańska żurawina wieloowocowa (*Vaccinium macrocarpon*) występująca na terenach kwaśnych Ameryki Północnej, Syberii i Europy oraz żurawina błotna (*Vaccinium oxycoccus*), występująca w Polsce na terenach podmokłych i bagiennych [Górecka 2006, Bogacz 2010, Stobnicka i in. 2011, Teleszko 2011]. Owoce żurawiny posiadają dużą ilość witamin, soli mineralnych oraz związków bioaktywnych, które korzystnie wpływają na zdrowie człowieka [Górecka 2006, Stobnicka i in. 2011, Michalak i in. 2016]. Żurawina wykorzystywana jest w medycynie ludowej jako środek leczniczy przy przeziębieniu, anginie, zapaleniach śluzówki jamy ustnej oraz problemach żołądkowo-jelitowych. Wyniki licznych badań naukowych potwierdzają, że spożycie owoców i warzyw w codziennej diecie może zapobiegać chorobom serca, udarom, zawałom, a nawet powstaniu nowotworów [Stobnicka i Gniewosz 2010, Gryszczyńska 2010, Michalak i in. 2016]. Owoce żurawiny posiadają właściwości prozdrowotne, charakteryzują się działaniem przeciwbakteryjnym, przeciwwirusowym, antyoksydacyjnym, grzybobójczym, przeciwnowotworowym, modelują układ krwionośny i immunologiczny, a także zmniejszają stężenie cholesterolu we krwi [Bazyłko 2007, Bogacz 2010].

Technika ekstruzji stosowana jest w przemyśle rolno-spożywczym do produkcji wyrobów, takich jak: przekąski, płatki śniadaniowe, teksturaty białkowe, chrupki, chleb, panierki, karmy dla zwierząt, a także wykorzystywana jest do wytwarzania produktów błyskawicznych, m.in. kaszek i kleików niewymagających gotowania [Mościcki i in. 2007, Wójtowicz i Mościcki 2009, Wójtowicz i in. 2014]. Uzyskany produkt jest łatwy i szybki w przygotowaniu, wystarczy jedynie połączyć go z wodą lub mlekiem o odpowiedniej temperaturze [Kręcisz i in. 2015]. Kaszki i kleiki otrzymywane są z mąki kukurydzianej, gryczanej, pszennej, ryżowej, owsianej lub ich mieszanek. Produkty te często stosowane są do przygotowywania lekkostrawnych dań dla dzieci, w żywieniu rekonwalescentów, osób dorosłych i starszych, a także w żywieniu dietetycznym i niektórych schorzeniach metabolicznych. Wyroby te w kontakcie z płynem tworzą żelową konsystencję, co umożliwia ich spożywanie w postaci błyskawicznych kleików z wodą, mlekiem czy sokami [Kręcisz i in. 2015].

Odżywkę mogą być wzbogacane przez wymieszanie z suszonymi owocami, dodatkami smakowymi oraz witaminami, dzięki czemu mają łagodny smak i stanowią pełnowartościowy produkt [Gondek i in. 2014]. Ciekawym rozwiązaniem może być wprowadzanie proszków owocowych, warzywnych czy z roślin strączkowych bezpośrednio do wyrobów ekstrudowanych w celu poprawy właściwości żywieniowych, ale także nadania ekstrudatom specyficznych cech użytkowych, gdyż dowiedziono, że ekstruzja nie wpływa na obniżanie zawartości składników bioaktywnych, a znacznie upraszcza proces ich wytwarzania [Moussa-Ayoub i in. 2015, Bouasla i in. 2016, Oniszczuk i in. 2016]. Potter i inni [2013] przedstawili badania polegające na zastosowaniu dodatku owoców, takich jak jabłka, banany, truskawki oraz mandarynki do ekstrudowanych przekąsek dla

dzieci wytwarzanych na bazie mąki pszennej, kukurydzianej, ziemniaczanej oraz mleka w proszku. Stwierdzili, że dodatek owoców wpłynął nie tylko na właściwości odżywcze, zwiększając ilość błonnika w przekąskach, ale także na przebieg procesu wytwarzania oraz cechy fizyczne uzyskanych ekstrudatów. Moussa-Ayoub i inni [2015] przedstawili charakterystykę żywieniową i cechy jakościowe ekstrudatów z dodatkiem owoców kaktusa (opuncji) do surowców ryżowych lub kukurydzianych. Ten dodatek zwiększył znacznie ilość polifenoli w ekstrudatach, a także ich aktywność antyoksydacyjną. Ekstruzja nie obniżyła wartości odżywczej przekąsek z tym dodatkiem. Pozytywne rezultaty obserwowano również przy zastosowaniu jako dodatku do ekstrudatów kwiatów i owoców bzu czarnego [Oniszczuk i in. 2016]. Niewiele jest jednak doniesień przedstawiających charakterystykę ekstrudatów z zastosowaniem suszonej żurawiny, jako wartościowego dodatku w bezglutenowych kleikach błyskawicznych ekstrudowanych na bazie kukurydzy w zróżnicowanych warunkach.

Celem pracy było wyznaczenie wydajności i energochłonności procesu ekstruzji oraz wybranych cech fizycznych kleików kukurydzianych ekstrudowanych z dodatkiem suszonej żurawiny.

METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiły mieszanki surowcowe sporządzone z kaszki kukurydzianej (Lubella Sp. z o.o. Sp. k., Lublin, Poland) oraz owoców suszonej żurawiny (C) (Bakalland S.A., Warszawa) o zawartości 1, 2, 3, 4 i 5%. Owoce żurawiny suszono w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 50°C przez 24 h, a następnie rozdrobniono je z zastosowaniem młynka laboratoryjnego (TestChem, Radlin) do granulacji poniżej 1 mm. Mieszanki zostały dowilżone do poziomu wilgotności 14% i poddane procesowi ekstruzji przy wykorzystaniu jednoślimakowego ekstrudera TS-45 (ZMCh Metalchem, Gliwice) o L:D = 12:1. W ekstruderze zastosowano ślimak z podwójnym zwojem o stopniu sprężania 3:1 oraz jedną matrycę formującą o średnicy otworu 3 mm. Ekstruzję prowadzono w temperaturach 120/130/135°C w poszczególnych sekcjach urządzenia, przy zmiennych obrotach ślimaka (n) wynoszących 80, 100, 120 obr·min⁻¹.

Wydajności procesu (Q) ekstruzji wyznaczano poprzez określenie masy ekstrudatu uzyskanego w określonym czasie dla wszystkich prób i wyrażono w kg·h⁻¹ według Kręcisz [2015]. Rejestrację poboru mocy przeprowadzono z zastosowaniem standardowego watomierza podłączonego do jednostki napędowej ekstrudera. Po uwzględnieniu parametrów silnika ekstrudera TS-45, obciążenia silnika i wydajności procesu uzyskane wartości przeliczono na energochłonność, wyznaczając jednostkowe zapotrzebowanie energii mechanicznej (SME) [Wójtowicz 2008, Ryu i in. 2011, Mitrus i Combrzyński 2013]. Gęstość w stanie usypowym (ρ_u) określono jako stosunek luźno usypanego ekstrudatu do zajmowanej przez niego objętości według ASAE Standard [1989] w pięciu powtórzeniach. Do oznaczenia wskaźnika objętościowego żelowania VGI (ang. *volumetric gel index*) wykorzystano metodą Kim i innych [2001] w modyfikacji własnej. Z próbki ekstrudatu o objętości 10 ml oraz 100 ml destylowanej wody o temperaturze 20°C sporządzono zawiesinę w cylindrze miarowym, którą uwodniono, mieszając w ciągu 5 minut. Roztwór pozostawiono do spęcznienia w czasie 20 minut, a następnie odczytano objętość

uformowanego z kleiku żelu. VGI określono według następującego wzoru, jako wynik końcowy przyjmując średnią z trzech powtórzeń:

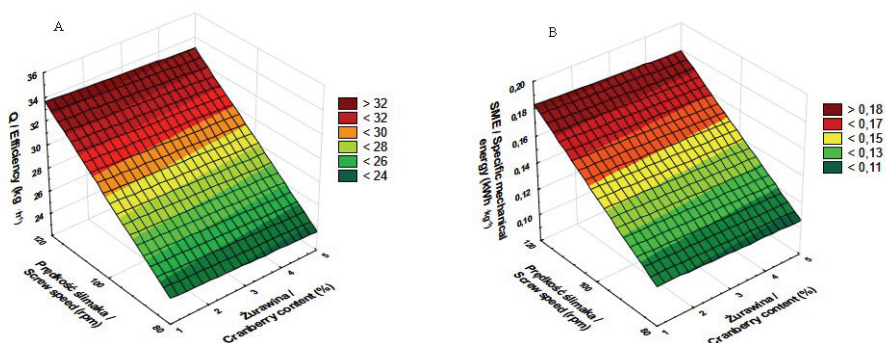
$$VGI = \frac{V_g}{V_t} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

gdzie: VGI – wskaźnik objętościowy żelowania [%],
 V_g – objętość żelu [ml],
 V_t – objętość suchej próby [ml].

Uzyskane podczas badań wyniki opracowano za pomocą programu komputerowego Statistica 10.0. (StatSoft, USA). Zastosowano analizę powierzchni odpowiedzi, wykorzystując metodę dopasowania liniowego. Wyznaczono równania regresji liniowej oraz współczynniki determinacji. Wpływ zmiennych analizowano testem Anova, wyznaczając wartości testu F oraz istotność różnic dla poszczególnych zmiennych oraz ich interakcji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki pomiaru wydajności (Q) procesu wytwarzania ekstrudatów kukurydzianych z dodatkiem żurawiny w zależności od receptury i prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera zestawiono na rysunku 1A. Wydajność procesu ekstruzji kaszek błyskawicznych wynosiła średnio od 22,92 do 34,08 kg·h⁻¹, w zależności od zastosowanych parametrów. Najwyższą wydajność procesu osiągnięto podczas przetwarzania mieszanek przy obrotach ślimaka wynoszących 120 obr·min⁻¹ oraz przy 2% dodatku żurawiny. Najniższe wartości wydajności obserwowano przy obrotach ślimaka wynoszących 80 obr·min⁻¹ i dodatku żurawiny wynoszącym 3%. Badania wykazały liniową zależność wydajności od zastosowanych zmiennych opisaną wysokim współczynnikiem determinacji (tab. 1). Wykazano większy wpływ prędkości obrotowej ślimaka na wydajność procesu ekstruzji, o czym świadczy znacznie wyższa wartość testu F uzyskana podczas analizy wariancji



Rys. 1. Wydajność (A) i energochłonność (B) procesu ekstruzji kukurydzianych kaszek błyskawicznych w zależności od prędkości obrotowej ślimaka oraz poziomu dodatku żurawiny

Fig. 1. Efficiency (A) and energy consumption (B) of the extrusion-cooking of instant corn gruels in relations to the rotational screw speed and the level of cranberry additive

Tabela 1. Równania regresji liniowej opisujące zmiany badanych cech kaszek błyskawicznych w zależności od zawartości żurawiny (C) i prędkości obrotowej ślimaka (n)Table 1. Linear regression equations describing the tested characteristics of instant gruels depend on cranberry content (C) and screw speed (n) applied

	Równanie regresji – Regression equation	R^2
Q	$Q = 5,508 - 0,152 \cdot C + 0,236 \cdot n$	0,950
SME	$SME = -0,034 - 0,001 \cdot C + 0,002 \cdot n$	0,975
ρ_u	$\rho_u = 330,344 - 0,581 \cdot C - 0,638 \cdot n$	0,895
VGI	$VGI = 62,7333 + 3,4333 \cdot C - 0,095 \cdot n$	0,376

(tab. 2). Im wyższe były obroty ślimaka, tym wydajność procesu ekstruzji była większa. Podobne zależności określili Kręcisz [2016], poddając ekstruzji kaszkę kukurydzianą oraz Wójtowicz i Juško [2012], badając ekstrudaty z mąki pszennej i orkiszowej. Poziom dodatku suszonych owoców żurawiny w mieszankach surowcowych miał mniejszy wpływ na wydajność procesu ekstruzji (niższe wartości testu F , tab. 2). W przypadku mieszanek o zawartości od 3 do 5% dodatku żurawiny obserwowano nieznaczne obniżenie wydajności procesu ekstruzji, co może być efektem utrudnionego przebiegu procesu przez dodatek owoców o wysokiej zawartości pektyn.

W trakcie badań stwierdzono, że wartość SME , określanego jako nakład energii mechanicznej potrzebnej do uzyskania 1 kg produktu, kształtowała się na poziomie 0,106––0,191 kWh·kg⁻¹, w zależności od zastosowanych parametrów procesu (rys. 1B). Najniższą energochłonność procesu wyznaczono podczas ekstruzji mieszanek surowcowych z 2% zawartością żurawiny przy prędkości obrotowej ślimaka 80 obr·min⁻¹. Najwyższą energochłonność określono podczas obróbki mieszanek surowcowych z 3% dodatkiem żurawiny przy prędkości obrotowej ślimaka na poziomie 120 obr·min⁻¹. Również w tym przypadku rezultaty wykazały większy wpływ prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera na wartość SME (wyższe wartości testu F , tab. 2), zwiększenie obrotów powodowało wyższą energochłonność podczas procesu ekstruzji mieszanek sporządzonych z kaszki kukurydzianej i żurawiny. Podobną zależność wykazali Wójtowicz i Juško [2012] podczas procesu ekstruzji z zastosowaniem surowców, tj. mąki pszennej oraz mąki orkiszowej. Odnotowano znacznie mniejszy wpływ dodatku żurawiny na energochłonność procesu. Przy prędkościach obrotowych ślimaka ekstrudera wynoszących 100 i 120 obr·min⁻¹ obserwowano spadek SME wraz ze wzrostem dodatku żurawiny do 3%. Przy najniższej prędkości zaobserwowano natomiast zwiększanie energochłonności procesu ekstruzji w mieszankach o zawartości żurawiny do 3%.

Rysunek 2A przedstawia wyniki badań gęstości usypowej (ρ_u) ekstrudatów wytwarzanych przy zmiennej prędkości obrotowej ślimaka oraz różnym udziale żurawiny. Badania wykazały większy wpływ prędkości obrotowej ślimaka na badany parametr (wyższe wartości testu F , tab. 2), zmniejszenie wartości gęstości usypowej kleików związane było ze wzrostem prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera. Najwyższe wartości gęstości usypowej stwierdzono w przypadku receptur o zawartości żurawiny 3–5% w mieszankach ekstrudowanych przy prędkości obrotowej ślimaka wynoszącej 80 obr·min⁻¹, co związane było z mniejszą intensywnością oddziaływań termomechanicznych przy niższych

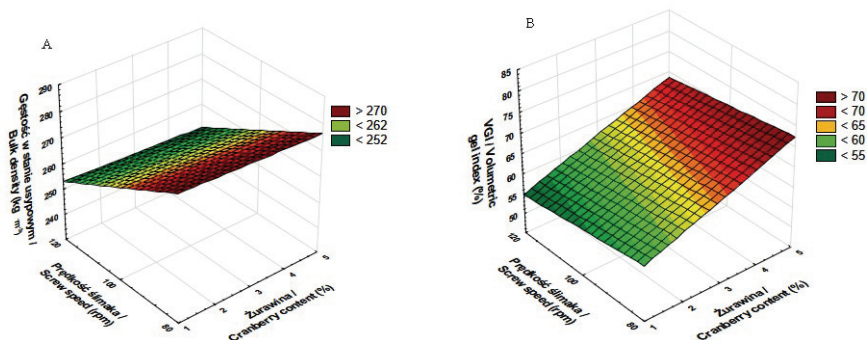
Tabela 2. Analiza wariancji wpływu dodatku żurawiny (C) i prędkości obrotowej ślimaka ekstrudera (n) oraz ich interakcji na wybrane właściwości kaszek błyskawicznychTable 2. Analysis of variance of the effect of cranberry addition (C) and screw speed (n) and its interactions on selected properties of instant gruels

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degree of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średnie kwadraty Mean squares	Wartość testu F F -test value	p
Q					
C	4	22,7635	5,6909	51,1034	<0,0001
n	2	667,8547	333,9274	2998,6293	<0,0001
$C*n$	8	10,3277	1,2910	11,5927	<0,0001
Błąd – Error	30	3,3408	0,1114		
SME					
C	4	0,0008	65,9365	1171,6	<0,0001
n	2	0,0398	6923,8152	13723,1	<0,0001
$C*n$	8	0,0002	9,5785	53,3	<0,0001
Błąd – Error	30	0,001	0,0000		
ρ_u					
C	4	2622,5354	655,6339	343,7914	<0,0001
n	2	8259,1604	4129,5802	2165,4072	<0,0001
$C*n$	8	420,8534	52,6067	27,5851	<0,0001
Błąd – Error	60	114,4241	1,9071		
VGI					
C	4	1935,2000	438,8000	101,3547	<0,0001
n	2	161,2000	80,6000	16,8855	<0,0001
$C*n$	8	872,8000	109,1000	22,8561	<0,0001
Błąd – Error	30	143,2000	4,7733		

obrotach ślimaka oraz wyższej zawartości owoców. Niska wartość gęstości usypowej to korzystny parametr w przypadku odżywek dla niemowląt [Gbenyi i in. 2016] i dlatego zalecana jest podczas ich wytwarzania wysoka prędkość obrotowa ślimaka, nawet przy wysokim udziale dodatku. Zwiększający się dodatek żurawiny w mieszankach miał istotny, lecz mniejszy wpływ na badany parametr (tab. 2).

Wskaźnik objętościowego żelowania (VGI) kaszek błyskawicznych określono w celu zbadania zdolności uzyskania trwałej konsystencji po absorpcji wody. Kim i inni [2001] badali modyfikowaną skrobię oraz jej zdolność do żelowania w kontakcie z wodą. Absorbacja wody i tworzenie żelu są pożądane w przypadku błyskawicznych produktów przyrządzanych z wodą, mlekiem bądź sokiem, jako posiłki gotowe do spożycia, tzw. żywność wygodna. Wyniki przedstawione na rysunku 2B ukazują zdolność tworzenia żeli z kaszek błyskawicznych wytwarzanych przy zmiennej prędkości

obrotowej ślimaka ekstrudera oraz zróżnicowanym dodatku żurawiny. Zaobserwowano wzrost VGI wraz ze zwiększeniem dodatku żurawiny i ta zmienna wykazała większy wpływ na zdolność tworzenia żelu, co potwierdzają wyższe wartości testu F wyznaczone w analizie wariancji (tab. 2).



Rys. 2. Gęstość w stanie usypowym (A) oraz objętościowy wskaźnik żelowania (B) kukurydzianych kaszek błyskawicznych w zależności od prędkości obrotowej ślimaka oraz poziomu dodatku żurawiny

Fig. 2. The bulk density (A) and volumetric gel index (B) of instant gruels in relations to the rational screw speed and the level of cranberry additive

Zwiększenie zdolności tworzenia żeli wynika z wysokiej zawartości pektyn w owocach żurawiny [Teleszko 2011], co poprawia charakterystykę absorpcyjną kleików z dodatkiem tych owoców. Im większy był dodatek żurawiny, tym uzyskiwano bardziej napęczniałe kleiki, nieznaczne obniżenie zdolności żelowania obserwowano, jeśli dodatek żurawiny wynosił 5%, co może być wynikiem niedostatecznego przetworzenia materiału, o czym świadczą wysokie wartości gęstości usypowej, mówiące o zwartej konsystencji uzyskanych ekstrudatów. Podczas badania zdolności tworzenia żelu odnotowano mniejszy wpływ prędkości obrotowej ślimaka na wartość VGI (tab. 2).

Uzyskane wyniki pomiarów poddano dwukierunkowej analizie wariancji z interakcją, przeprowadzonej w pakiecie Statistica. Pierwszy czynnik stanowił dodatek owoców żurawiny (C), zaś drugi prędkość obrotową ślimaka (n). Dla ocenianych zależności od ilości dodatku oraz prędkości ślimaka podczas ekstruzji wyznaczono równania regresji oraz współczynniki determinacji (tab. 1). Analiza wariancji została przeprowadzona dla każdej cechy oddzielnie oraz dla ich interakcji. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Wartości współczynników determinacji (tab. 1) wskazują na dobre dopasowanie równań pierwszego stopnia opisujących wpływ zarówno prędkości obrotowej ślimaka, jak również dodatku żurawiny na wydajność i energochłonność procesu ekstruzji oraz gęstość w stanie usypowym otrzymanych ekstrudatów. Niską wartość R^2 uzyskano podczas analizy wpływu zmiennych na zdolność tworzenia żeli.

Wyniki analizy wariancji zestawione w tabeli 2 wskazują, że przy założonym przedziale ufności 95% stwierdzono istotny wpływ zróżnicowanych warunków procesu ekstruzji i zmiennej ilości dodatku oraz interakcji zmiennych na oceniane cechy kukurydzianych kaszek błyskawicznych z dodatkiem żurawiny. Stwierdzono, że zastosowana prędkość obrotowa ślimaka w większym stopniu wpływała na wydajność,

energochłonność procesu i gęstość usypową badanych kleików, o czym świadczą wysokie wartości testu F , natomiast dodatek żurawiny w większym stopniu wpływał jedynie na wskaźnik objętościowego żelowania badanych ekstrudatów.

PODSUMOWANIE

Zastosowanie procesu ekstruzji z wykorzystaniem jednoślimakowego ekstrudera pozwoliło na uzyskanie kaszek błyskawicznych na bazie kukurydzy wzbogacanych dodatkiem owoców żurawiny. Dodatek żurawiny w ilości do 5% nie wpływał w znaczącym stopniu na wydajność procesu, jego energochłonność oraz gęstość usypową wytworzonych ekstrudatów, zwiększał jednak w znacznym stopniu zdolność tworzenia żeli przy zwiększaniu ilości dodatku owocowego ze względu na dużą ilość pektyn obecnych w owocach żurawiny. Obserwowano natomiast znacznie większy wpływ zmiennej prędkości obrotowej ślimaka podczas ekstruzji na wydajność, energochłonność i gęstość w stanie usypowym badanych kaszek błyskawicznych z dodatkiem żurawiny.

LITERATURA

- ASAE Standard, 1989. ASAE S269.3. Wafers, pellet, and crumbles – definitions and methods for determining density, durability and moisture content.
- Bazyłko A., Kozłowska-Wojciechowska M., 2007. Wpływ polifenoli z żurawiny na zdrowie człowieka. *Czynniki Ryzyka* 4, 57–61.
- Bogacz K., 2010. Żurawina dla smaku i zdrowia. *Przem. Ferm.-Owoc. Warz.* 4, 22–24.
- Bouasla A., Wójtowicz A., Zidoune M.N., Olech M., Nowak R., Mitrus M., Oniszczyk A., 2016. Gluten-free precooked rice-yellow pea pasta: effect of extrusion-cooking conditions on phenolic acids composition, selected properties and microstructure. *J. Food Sci.* 81(5), C1070–1079.
- Gbenyi D., Nkama I., Badau M.H., 2016. Optimization of physical and functional properties of sorghum-bambara groundnut extrudates. *J. Food Res.* 4, 2, 81–97.
- Gondek E., Jakubczyk E., Stasiak M., Królikowski K., 2014. Wpływ dodatków wzbogacających wartość odżywczą na teksturę bezglutenowego pieczywa chrupkiego, *ZPPNR* 578, 49–60.
- Górecka A., 2006. Amerykańska żurawina – unikalne zbiory i właściwości zdrowotne. *Przem. Spoż.* 12, 35–37.
- Gryszczyńska A., 2010. Żurawina amerykańska (*Vaccinium macrocarpon*) – lek na problemy urologiczne. *Urologia – Nauka i Praktyka* 11/5(63), 31–40.
- Kim Y., Faqih M.N., Wang S.S., 2001. Factors affecting gel formation of inulin. *Carbohydr. Polym.* 46, 135–145.
- Kręcisz M., 2016. Energy consumption during production of corn extrudates in relation to the process parameters. *Agricultural Engineering* 20(2), 125–131.
- Kręcisz M., Wójtowicz A., Oniszczyk A., 2015. Produkcja ekstrudowanych odżywek dla dzieci. *ZPPNR* 582, 13–21.
- Michalak M., Podsedek A., Glinka E., Glinka R., 2016. Potencjał przeciwutleniający oraz związki polifenolowe glikolowych ekstraktów z *Hippophaë rhamnoides* L. i *Vaccinium oxycoccos* L. *Postępy Fizjoterapii* 17(1), 33–38.

- Mitrus M., Combrzyński M., 2013. Energy consumption during corn starch extrusion-cooking. TEKA Com. Mot. Power Ind. Agric. 13(2), 63–66.
- Mościcki L., Mitrus M., Wójtowicz A., 2007. Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym. PWRiL, Warszawa.
- Moussa-Ayoub T.E., Youssef K., El-Samahy S., Kroh L., Rohn S., 2015. Flavonol profile of cactus fruits (*Opuntia ficus-indica*) enriched cereal-based extrudates: Authenticity and impact of extrusion. Food Res. Int. 78, 442–447.
- Oniszczuk A., Olech M., Oniszczuk T., Wojtunik-Kulesza K., Wójtowicz A., 2016. Extraction methods, LC-ESI-MS/MS analysis of phenolic compounds and antiradical properties of functional food enriched with elderberry flowers or fruits. Arabian J. Chem. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.09.003>.
- Potter R., Stojceska V., Plunkett A., 2013. The use of fruit powders in extruded snacks suitable for Children's diets. LWT – Food Sci. Technol. 51, 537–544.
- Różyło R., Dziki D., Ziemichód A., Siastała M., Biernacka B., Łysiak G., al Aridhee J., Kulig R., 2016. Zmiany właściwości fizycznych chleba bezglutenowego pod wpływem dodatku suszonej lucerny. ZPPNR 585, 131–139.
- Ryu G.H., Ng P.L., 2011. Effect of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. Starch. 53, 147–154.
- Stobnicka A., Gniewosz M., 2010. Możliwość wykorzystania właściwości żurawiny (*Oxycoccus*) we współczesnej medycynie. Postęp Fizjoterapii 3, 170–175.
- Stobnicka A., Gniewosz M., Miętuszevska A., 2011. Przeciwbakteryjne działanie soków owocowych z żurawiny, rokitnika, noni i goji. Bromat. Chem. Toksyk. XLIV, 3, 650–655.
- Teleszko M., 2011. Żurawina wielkoowocowa – możliwości wykorzystania do produkcji żywności. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość 6(79), 132–141.
- Wójtowicz A., 2008. Influence of legumes addition on proceeding of extrusion-cooking process of precooked pasta products. TEKA Com. Mot. Power Ind. Agric. 8a, 209–216.
- Wójtowicz A., Mościcki L., 2009. Influence of extrusion-cooking parameters on some quality aspects of precooked pasta-like products. J. Food Sci. 74(5), 226–233.
- Wójtowicz A., Kozak M., Lewandowska Z., 2014. Wybrane właściwości prażynek ziemniaczanych z dodatkiem otrąb zbożowych. ZPPNR 577, 115–124.
- Wójtowicz A., Juško S., 2012. Wpływ typu mąki oraz prędkości wytłaczania na wydajność i energochłonność procesu oraz ekspandowanie ekstrudowanych makaronów błyskawicznych. Acta Sci. Pol., Technica Agraria. 11(3–4), 35–45.

SELECTED PROPERTIES OF CORN-CRANBERRY EXTRUDED INSTANT GRUELS IN RELATION TO THE PROCESSING PARAMETERS

Summary. Cranberry fruits are nutritionally valuable, rich in bioactive components, especially anthocyanins and flavonoids. Cranberry fruits also reveal certain health-enhancing benefits as well as displaying antimicrobial, pain-killing, antiviral, antioxidant, antifungal, or anticancer action; they have impact on immunological systems and reduce the level of bad cholesterol in blood. The growing consumer awareness with regard to functional food consumption encourage food producers to create attractive products with addition of fruits and vegetables. The extrusion-cooking processing is suitable for production of functional food due to a very short time of treatment and low effect on bioactive components derived from fruits, vegetables or plants and herbs used as functional additives to foodstuffs. Thus, addition of dried fruits could be an effective way to enrich products with nutritionally valu-

able components and to create specific physical properties of extrudates. The aim of this work was to evaluate the effect of cranberry addition and screw speed applied on the selected properties of a gluten-free instant corn gruels. The extrudates were produced using the single screw extruder. Dried cranberry fruits were added in amount of 1–5% of corn grits. Blends were processed using various screw speed ranged 80, 100 and 120 rpm. Obtained extrudates were ground for instant gruels with granulation below 1 mm. During processing the efficiency and the energy consumption were evaluated as well as bulk density and volumetric gel index for obtained gruels depend on the screw speed applied and fruits addition level. The results showed higher impact of various screw speed during processing on the process efficiency as well as on the energy consumption. Statistical analyses showed high linear regression coefficients for processing efficiency and energy consumption. Likewise, more important effects of screw speed on these characteristics were observed than additive level, as higher F -test values were reached. As expected, the bulk density decreased with the higher screw speed applied what is a positive feature for extruded instant products. Values of volumetric gel index were strongly depended on the level of cranberry addition, as confirmed by higher value of F -test than for screw speed effect and increased with a higher amount of dried fruits in the recipe of instant corn-based gruels.

Key words: instant gruels, extrusion-cooking, energy consumption, bulk density, corn, cranberry