

WPLÝW TEMPERATURY SORBOWANEJ WODY PRZEZ PÓLPRODUKTY NA FRYTKI NA ZMIANĘ ICH GĘSTOŚCI

Zygmunt Sobol

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków
e-mail: Zygmunt.Sobol@ur.krakow.pl

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań było wyjaśnienie wpływu temperatury sorbowanej wody przez półprodukty na frytki, na zmianę ich gęstości. Badania przeprowadzono na obiektach w postaci słupków wyciętych wzdłuż kierunku pomiędzy częścią wierzchołkową i pępkową bulwy. Słupki o przekroju poprzecznym 10x10mm poddawano procesowi sorpcji wody (poprzez ich zanurzenie) o temperaturze 20, 30, 40, 50°C. W badaniach określano gęstość przed procesem i w trakcie, prowadząc pomiar co 2 min. Czas sorpcji wynosił 12 min. Badania przeprowadzono w okresie przechowalniczym 2008/09 od października do kwietnia. Półprodukty na frytki formowano z bulw odmiany Kuklik. Analiza wyników badań wskazuje na statystycznie istotny wpływ przyjętych czynników doświadczenia na zmianę gęstości półproduktów na frytki. W wyniku sorpcji wody zmniejszała się ich gęstość. Gęstość ulegała zmniejszeniu wraz ze wzrostem temperatury i czasu sorpcji wody w badanych przedziałach wartości. Ubytki gęstości w zależności od czasu przechowywania przyjmowały różne wartości: od listopada do stycznia zmniejszały się, a od stycznia do kwietnia przyrastały. Uzyskane przebiegi funkcji estymowanych w odniesieniu do wartości rzeczywistych doświadczenia są dobrze dopasowane. Udział wariancji wyjaśnionej dla poszczególnych przebiegów funkcji, wynikających z kombinacji doświadczenia zawierał się od 0,648 do 0,966.

Słowa kluczowe: ziemniak, przechowywanie, gęstość, frytki, sorpcja

WSTĘP

Główną przyczyną pogorszenia, jakości bulw będących surowcem dla spożywczego przemysłu przetwórczego jest ich transpiracja w okresie długotrwałego przechowywania. Utrata wilgotności bulw ziemniaka według Chourasia i in. (2004, 2006a,b) jest jednym z najbardziej ekonomicznie znaczących parametrów dla długoterminowego przechowywania. Chourasia i in. (2004, 2006a,b) twierdzi, że transpiracja jest to zjawisko transferu masy, które jest związane z transferem ciepła i przepływem cieczy. Transpiracja wody z bulw przebiega poprzez skórkę,

a w końcowym etapie przechowywania również (bardzo intensywnie) przez kiełki. Straty te powodują pogorszenie jakości bulw, głównie poprzez utratę jędrności oraz wzrost gęstości (wzrost zawartości suchej masy) (Copp i in. 2000). Pomimo tego, że podczas oddychania bulw w okresie przechowywania następuje rozkład węglowodanów, to jednak większe wydzielanie wody do otoczenia poprzez skórkę i kiełki powoduje zwiększenie stężenia składników suchej masy nawet o 16%, wzrost gęstości o około $15 \text{ (g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$ (Sobol 2006a, 2007a; Zgórska 2005, Zgórska i in. 2006). Zdaniem niektórych badaczy nadmierna transpiracja może powodować nawet zmianę typu kulinarnego (Mozolewski 1999, 2000; Van Dijk i in. 2002, Zgórska 2005, Zgórska i in. 2006).

Warunki przechowywania i zabiegi rekondycjonujące po długotrwałym przechowywaniu bulw, powinny prowadzić do utrzymania właściwości półproduktów o zbliżonych parametrach, jakie uzyskuje się z bulw tuż po zbiorze (Czerko i in. 2008a,b, Grudzińska 2008, Lutomińska 2008, Pęksa 2008, Zgórska 2010). Analizując literaturę naukową ostatnich lat w zakresie warunków przechowywania bulw ziemniaka na cele jadalne, a szczególnie na produkcję wyrobów smażonych, można zauważyć, że dość radykalnie odchodzi się od koncepcji przechowywania bulw w niskiej temperaturze (około 4°C) i późniejszego ich rekondycjonowania (Zgórska i in. 2006). Biorąc pod uwagę bardzo wysokie wymagania surowcowe na wyroby smażone pod względem zawartości cukrów redukujących, jedynym rozsądnym działaniem jest przechowywanie ziemniaków w temperaturze ($7\text{-}12^{\circ}\text{C}$), gwarantującej utrzymanie zawartości monosacharydów na poziomie poniżej 0,15% (produkcja chipsów) i 0,25% (produkcja frytek). Podstawą takiego zaostrzenia wymagań surowcowych dotyczących zawartości cukrów redukujących jest fakt stwierdzenia w wielu produktach, a szczególnie ziemniaczanych takich jak chipsy i frytki (w badaniach z ostatnich lat) wysokiej zawartości akrylamidu. Jak podaje Kita i in. (2008) akrylamid zaliczany jest do substancji kancerogennych dla człowieka. Wiele badań prowadzonych w tym kierunku wskazuje, że zawartość akrylamidu w chipsach ziemniaczanych zawiera się w przedziale $170\text{-}3700 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a w frytkach $50\text{-}1900 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Według norm, jego dopuszczalna zawartość – wynikająca z migracji – w produktach spożywczych, które pakowane są w opakowania foliowe nie powinna przekraczać $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kita i in. 2008, Tajner-Czopek i in. 2008). Biorąc pod uwagę coraz większe spożycie smażonych wyrobów ziemniaczanych, należy poszukiwać możliwości obniżenia akrylamidu w gotowych produktach.

„Wymuszona” koncepcja przechowywania bulw na wyroby smażone w atmosferze o temperaturze ($7\text{-}12^{\circ}\text{C}$) skutkuje podwyższeniem gęstości bulw (zawartości suchej masy). Sprawia to, że koniecznym staje się poszukiwanie alternatywnych metod rekondycjonowania bulw, tak by półprodukty z nich uzyskane spełniały normy technologiczne. Z badań wielu autorów wynika, że na cechy jakościowe i wydajność produktów smażonych z bulw ziemniaka, duży wpływ ma zawartość w nich suchej masy lub gęstość bulw. Według Lisińskiej (1994, 2006) o jakości fry-

tek w znacznym stopniu decyduje zawartość w nich tłuszczu. Frytki dobrej jakości po ich całkowitym usmażeniu powinny zawierać 7-10% tłuszczu, posiadać dobry smak, właściwą barwę i konsystencję. Jak podają Lisińska (1994, 2006), Tajner-Czopek, Lisińska (2004), Rytel i in. (2006) konsystencję (twardość) frytek określa się poprzez: chrupkość części zewnętrznej i mączystość wnętrza frytki. Część zewnętrzna frytek nie może być twarda, skórzasta lub gumowata, natomiast wnętrze frytek powinno charakteryzować się mączystością bez odczucia wodnistości lub kleistości i nie powinno oddzielać się od skórki. Zbyt wysoka zawartość tłuszczu we frytkach podraża koszty ich produkcji oraz sprawia, że są one oleiste w smaku, natomiast zbyt niska, powoduje, że frytki nie mają odpowiedniego smaku i zapachu, charakterystycznego dla produktów smażonych. Jedną z podstawowych właściwości - gęstość bulw ziemniaka – ma istotny wpływ na przedstawione cechy jakościowe produktu. Wraz ze wzrostem gęstości zmniejsza się zawartość tłuszczu we frytkach ale zmienia się również konsystencja - część zewnętrzna staje się twardsza (Lisińska 1994).

Jednym ze sposobów rekondycjonowania bulw, które były przechowywane w atmosferze o temperaturze (7-12°C), jest możliwość zastosowania zjawiska sorpcji wody przez półprodukty na frytki. Z badań autora wynika, że proces ten dla półproduktów na frytki i chipsy przebiega tak dynamicznie, że można przewidzieć go w technologii wytwarzania tych produktów. Kilkuletnie badania nad tym problemem wyjaśniają obecnie wpływ takich czynników jak: stosunek powierzchni sorpcji wody do objętości badanego obiektu; odmiany ziemniaka, z których uzyskuje się półprodukty; czas przechowywania bulw; czas sorpcji wody (Sobol 2006b,c, 2007a,b). Pomimo tego, że uzyskano już odpowiedzi na wiele pytań dotyczących możliwości alternatywnego rekondycjonowania bulw ziemniaka, to pozostają jeszcze istotne czynniki, których oddziaływanie nie zostało wyjaśnione.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu temperatury sorbowanej wody przez półprodukty na frytki, na zmianę ich gęstości.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono na obiektach w postaci słupków wyciętych wzdłuż kierunku pomiędzy częścią wierzchołkową i pępkową bulwy. Półprodukty na frytki wycinano z części środkowej losowo wybranych bulw, frakcji wymiarowej 50-60 mm. Słupki o przekroju poprzecznym 10 x 10mm poddawano procesowi sorpcji wody (poprzez ich zanurzenie) o temperaturze 20, 30, 40, 50°C. Proces sorpcji prowadzono utrzymując stałą zależność wagową (masy słupka : masy wody) 1:115. W trakcie badania monitorowano temperaturę sorbowanej wody i nie stwierdzano istotnych różnic na zadanym poziomie. W badaniach określano gęstość słupków przed procesem i w trakcie, prowadząc pomiar co 2 min. Czas sorpcji wynosił 12 min. W celu wyznaczenia gęstości słupków wyciętych z bulw,

określano ich masę i objętość za pomocą elektronicznej wagi laboratoryjnej WPS 510/C/1. Objętość wyznaczano poprzez pomiar masy słupek w powietrzu i w cieczy o znanej gęstości (woda destylowana). Pomiar masy prowadzono z dokładnością do 0,001g. Podczas pomiaru monitorowano temperaturę wody (Sobol 2009). Badania przeprowadzono w okresie przechowalniczym 2008/09 od października do kwietnia. Półprodukty na frytki formowano z bulw odmiany Kuklik. Średnia gęstość słupek przed procesem sorpcji wody w obrębie całej badanej populacji prób wynosiła 1,099 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Liczebność prób dla każdej kombinacji doświadczenia wynosiła 50 sztuk. Każdy słupek był traktowany jako oddzielny obiekt badawczy.

Otrzymane wartości mierzonej gęstości w doświadczeniu, sprawdzano za pomocą testu Kołmogorowa-Smirnowa i nie znaleziono podstaw do odrzucenia hipotezy o rozkładzie normalnym otrzymanej populacji. W celu stwierdzenia wpływu przyjętych czynników na badaną właściwość bulw ziemniaka zastosowano analizę wariancji w klasyfikacji wielokrotnej, a dla wyznaczenia grup jednorodnych, z pośród testów post-hock zastosowano wielokrotny test rozstępu Duncana. Przebiegi zmian gęstości od czasów: przechowywania i sorpcji wody wyrażono modelami w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki analizy wariancji w klasyfikacji potrójnej wskazują, że przyjęte czynniki doświadczenia miały statystycznie istotny wpływ na zmianę gęstości słupek podczas procesu sorpcji wody (tab. 1). Jednocześnie wszystkie interakcje pomiędzy badanymi czynnikami okazały się statystycznie istotne. W wyniku sorpcji wody przez słupki ziemniaka, zmniejszała się ich gęstość.

Wielokrotny test rozstępu Duncana wskazał statystycznie istotne różnice wartości zmian gęstości w obrębie każdego z przyjętych czynników. Nie została wyznaczona żadna grupa jednorodna (tab. 2).

Zmiany gęstości w zależności od czasu przechowywania przyjmowały różne wartości: od listopada do stycznia zmniejszały się, a od stycznia do kwietnia przyrastały (rys. 1). Zmniejszenie gęstości w wyniku sorpcji wody w stosunku do stanu początkowego (przed sorpcją) w listopadzie wynosiło $-15,16(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$, a w styczniu $-13,57(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$. Od stycznia do kwietnia dynamika sorpcji wody systematycznie zwiększała się a zatem zmiany gęstości systematycznie przyrastały do $-16,50(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$. Na zmiany te prawdopodobny wpływ miały procesy fizjologiczne zachodzące w bulwach podczas długotrwałego przechowywania – w pierwszej fazie przejście bulw w stan głębokiego spoczynku, a końcowej budzenie się funkcji generatywnych. Istotny wpływ wynikał również prawdopodobnie ze wzrostu ciśnienia osmotycznego w komórkach, a to zależało od transpiracji bulw.

Tabela 1. Wyniki jednowymiarowego testu istotności; wpływ czasu przechowywania bulw, temperatury sorbowanej wody i czasu sorpcji na zmiany gęstości słupków będących półproduktami na frytki (przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$)

Table 1. Results of one-dimensional test of significance; influence of storage period of potato tubers, temperature and water sorption time on density variations of chips semi-products (significance level $\alpha = 0.05$)

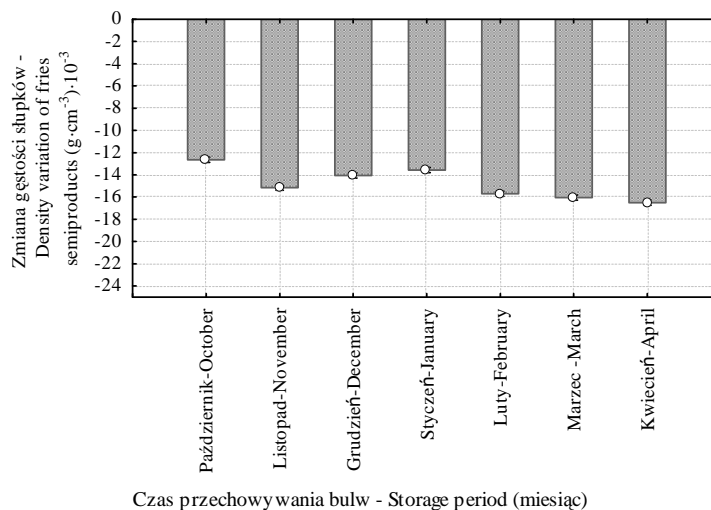
Predyktor jakościowy Qualitative predictor	Suma kwadratów Sum of squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	F	p
Wyraz wolny Absolute term	343982	1	343982	110568	0,00
{1}Czas przechowywania Storage period	2711	6	451,9	145,3	0,00
{2} Temperatura Temperature	28659	3	9553	3070	0,00
{3}Czas sorpcji wody Water sorption time	66164	6	11027	3544	0,00
1*2	2965	18	164,7	53,0	0,00
1*3	706,6	36	19,6	6,3	0,00
2*3	4988	18	277,1	89,1	0,00
1*2*3	938,6	108	8,7	2,8	0,00
Błąd – Error	4268	1372	3,1		

Tabela 2. Wielokrotny test rozstępu Duncana. Grupy jednorodne zmian gęstości słupków

Table 2. Duncan’s multiple range test. Homogenous groups of density variations of chips semi-products

Czynniki Elements	Grupy jednorodne – Średnia wartość zmian gęstości słupków ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$) $\cdot 10^{-3}$ Homogeneous groups – Average potato tuber density value							
	x_{p7}	x_{p6}	x_{p5}	x_{p2}	x_{p3}	x_{p4}	x_{p1}	
Czas przechowywania, Storage period	Październik, October $x_{p1} = -12,65$		Listopad, November $x_{p2} = -15,16$			Grudzień, December $x_{p3} = -14,05$		
	Styczeń, January $x_{p4} = -13,57$		Luty, February $x_{p5} = -15,69$			Marzec, March $x_{p6} = -16,05$		
	Kwiecień, April $x_{p7} = -16,50$							
Temperatura Temperature	20°C $x_{t1} = -7,72$; 30°C $x_{t2} = -15,22$; 40°C $x_{t3} = -17,73$; 50°C $x_{t4} = -18,58$		x_{t1}	x_{t2}	x_{t3}	x_{t9}		
Czas sorpcji wody Water sorption time	2min $x_{s1} = -12,71$		4min $x_{s2} = -15,41$			6min $x_{s3} = -17,39$		
	8min $x_{s4} = -18,44$		10min $x_{s5} = -19,42$			12min $x_{s6} = -20,31$		

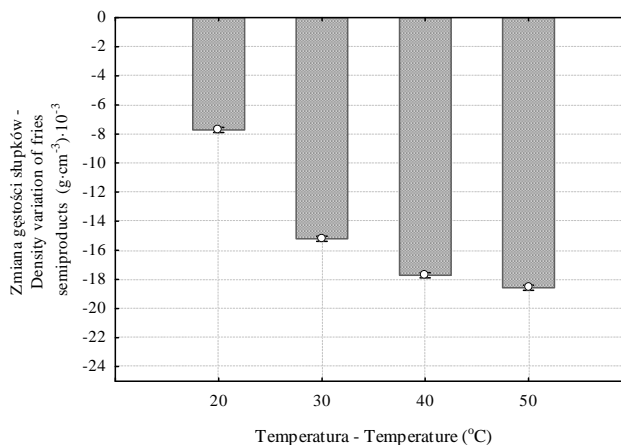
— grupa jednorodna – homogeneous group



Rys. 1. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody w różnych okresach przechowywania bulw w obrębie całej próby

Fig. 1. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption in different periods of potato tubers storage (whole sample)

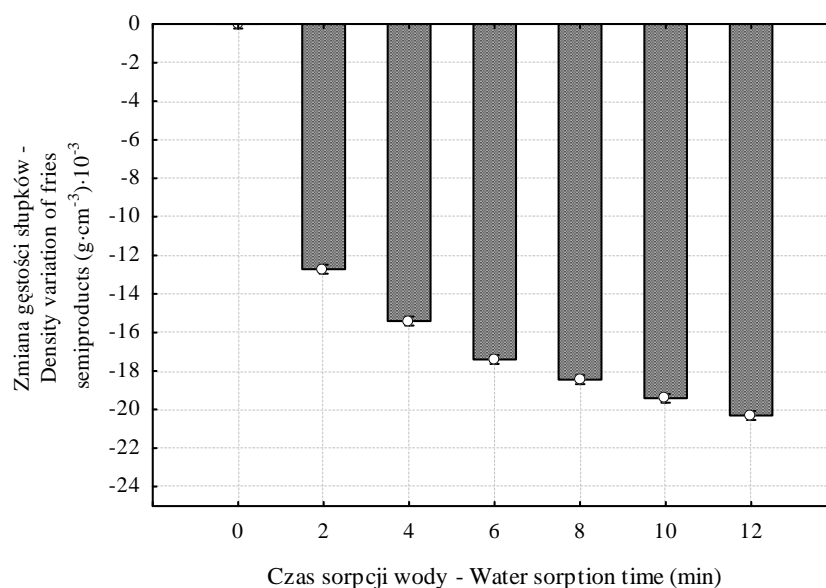
Temperatura sorbowanej wody miała istotny wpływ na zmiany gęstości półproduktów na frytki (rys. 2). Podwyższenie temperatury sorbowanej wody od 20 do 50°C skutkowało obniżeniem gęstości średnio w obrębie całej próby o $|-11|(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$.



Rys. 2. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody o różnej temperaturze w obrębie całej próby

Fig. 2. Density variations of chips semi-products resulting from sorption of water of various temperature (whole sample)

Analizując wpływ czasu sorpcji wody na zmianę gęstości słupków stwierdzić należy, że wraz ze wzrostem czasu sorpcji systematycznie zmniejsza się ich gęstość (rys. 3). W przyjętym czasie sorpcji (12 min), gęstość zmniejszyła się średnio o około $|-20|(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})\cdot 10^{-3}$ (rys. 3).



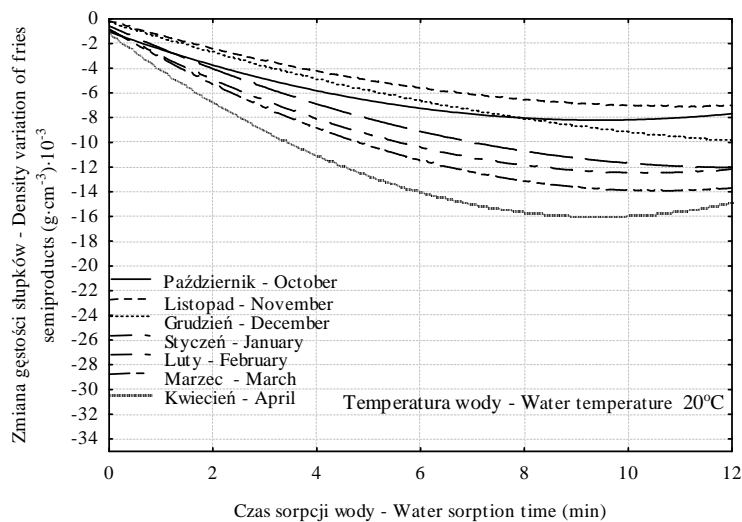
Rys. 3. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody zależnie od czasu trwania procesu w obrębie całej próby

Fig. 3. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption time (whole sample)

Obrazując bardziej szczegółowo oddziaływanie temperatury sorbowanej wody na zmianę gęstości przedstawiono przebiegi zmian gęstości w zależności od czasu sorpcji wody dla wszystkich przyjętych w doświadczeniu temperatur i czasów przechowywania (rys. 4-7). Przebiegi zmian gęstości słupków w wyniku sorpcji wody przedstawiono modelami empirycznymi w oparciu o statystyczną metodę estymacji nieliniowej. Dopasowanie wyliczonych modeli do wartości rzeczywistych, określone udziałem wariancji wyjaśnionej, było na zadowalającym poziomie i zawierało się od 0,648 do 0,966 (tab. 3). Proces sorpcji wody, któremu towarzyszyło zmniejszanie gęstości przebiegał najintensywniej w kwietniu przy temperaturze 20 i 30°C (rys. 4,5) i w listopadzie przy temperaturze 40 i 50°C (rys. 6,7). Najmniejszą dynamikę sorpcji wody – we wszystkich przyjętych do badań temperaturach wody – odnotowano w początkowej fazie przechowywania.

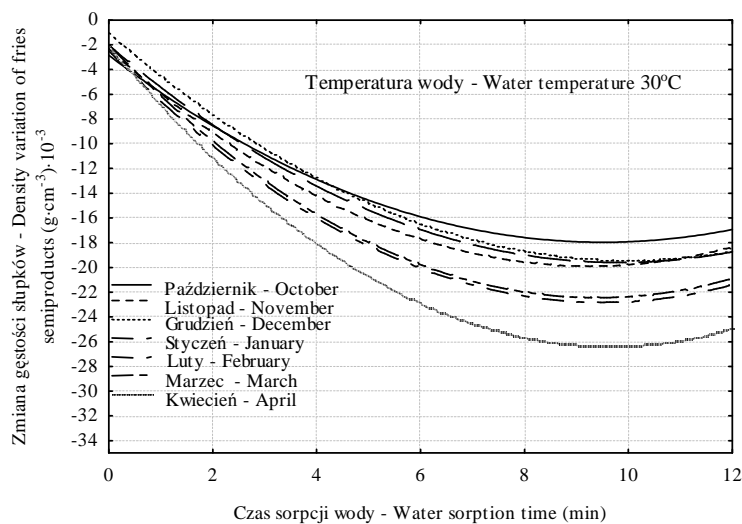
Tabela 3. Zależność zmian gęstości słupków od czasu sorpcji wody**Table 3.** Density variations of chips semi-products depending on water sorption time

Lp. Item	Czynniki Elements	Funkcja estymowana Estimated function $y = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3$, $x \in <20 - 50>$			Udział wari- ancji wyjaś- nionej Explained variance share
		Parametry funkcji Function parameters			
		a	b	c	
1	Październik/October 20°C	0,080	-1,513	-1,045	0,648
2	Październik/ October 30°C	0,167	-3,176	-2,852	0,771
3	Październik/ October 40°C	0,195	-3,804	-2,587	0,881
4	Październik/ October 50°C	0,236	-4,109	-3,745	0,761
5	Listopad/November20°C	0,056	-1,241	-0,159	0,854
6	Listopad/ November 30°C	0,205	-3,797	-2,322	0,803
7	Listopad/ November 40°C	0,314	-5,709	-3,585	0,873
8	Listopad/ November 50°C	0,329	-5,481	-4,229	0,815
9	Grudzień/December20°C	0,044	-1,328	-0,252	0,966
10	Grudzień/ December 30°C	0,184	-3,679	-1,039	0,938
11	Grudzień/ December 40°C	0,267	-4,796	-3,035	0,885
12	Grudzień/ December 50°C	0,289	-5,029	-3,661	0,826
13	Styczeń/January20°C	0,078	-1,892	-0,572	0,903
14	Styczeń/ January 30°C	0,182	-3,577	-2,042	0,890
15	Styczeń/ January 40°C	0,208	-3,805	-2,260	0,893
16	Styczeń/ January 50°C	0,254	-4,645	-3,421	0,849
17	Luty/February 20°C	0,108	-2,239	-0,869	0,852
18	Luty/ February 30°C	0,226	-4,282	-2,496	0,899
19	Luty/ February 40°C	0,266	-4,978	-3,099	0,880
20	Luty/ February 50°C	0,255	-4,727	-3,393	0,844
21	Marzec/March 20°C	0,117	-2,475	-0,806	0,941
22	Marzec/ March 30°C	0,232	-4,352	-1,997	0,861
23	Marzec/ March 40°C	0,252	-4,837	-2,954	0,916
24	Marzec/ March 50°C	0,305	-5,262	-4,007	0,818
25	Kwiecień/April 20°C	0,167	-3,140	-1,152	0,868
26	Kwiecień/ April 30°C	0,260	-5,018	-2,150	0,896
27	Kwiecień/ April 40°C	0,270	-4,603	-3,527	0,840
28	Kwiecień/ April 50°C	0,255	-4,784	-3,396	0,776



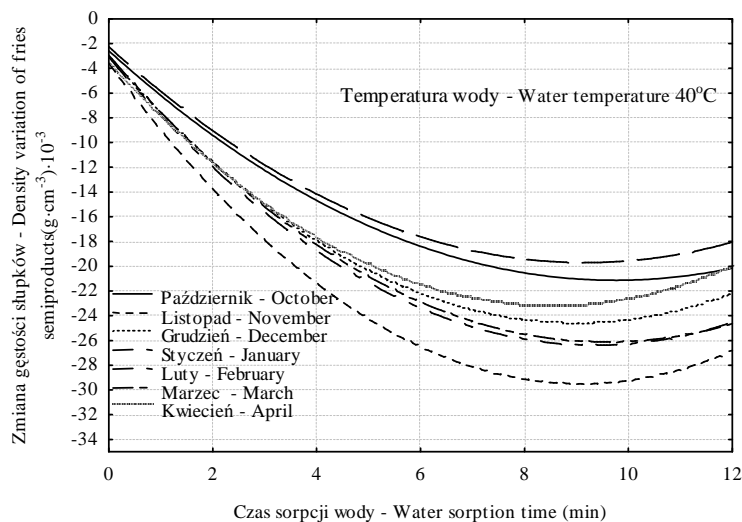
Rys. 4. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody (o temperaturze 20°C) zależne od czasu trwania procesu, w różnych okresach przechowywania bulw

Fig. 4. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption (temperature 20°C) depending on water sorption time, in different storage periods



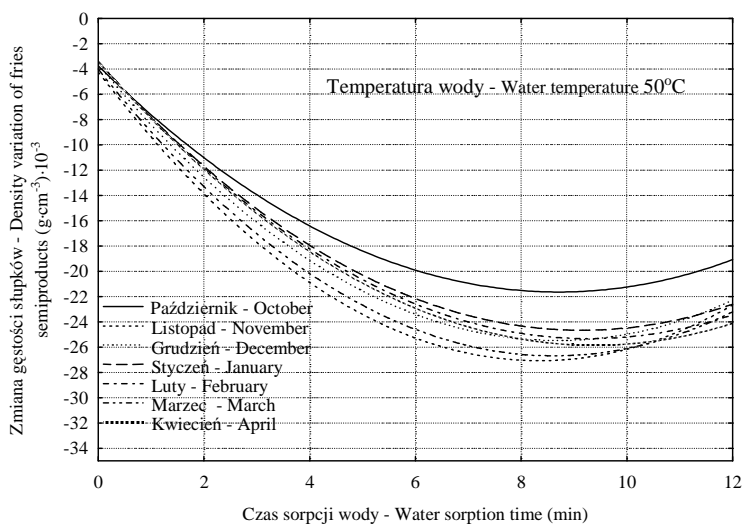
Rys. 5. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody (o temperaturze 30°C) zależne od czasu trwania procesu, w różnych okresach przechowywania bulw

Fig. 5. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption (temperature 30°C) depending on water sorption time, in different storage periods



Rys. 6. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody (o temperaturze 40°C) zależne od czasu trwania procesu, w różnych okresach przechowywania bulw

Fig. 6. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption (temperature 40°C) depending on water sorption time, in different storage periods



Rys. 7. Zmiany gęstości półproduktów na frytki wynikające z absorpcji wody (o temperaturze 50°C) zależne od czasu trwania procesu, w różnych okresach przechowywania bulw

Fig. 7. Density variations of chips semi-products resulting from water sorption (temperature 50°C) depending on water sorption time, in different storage periods

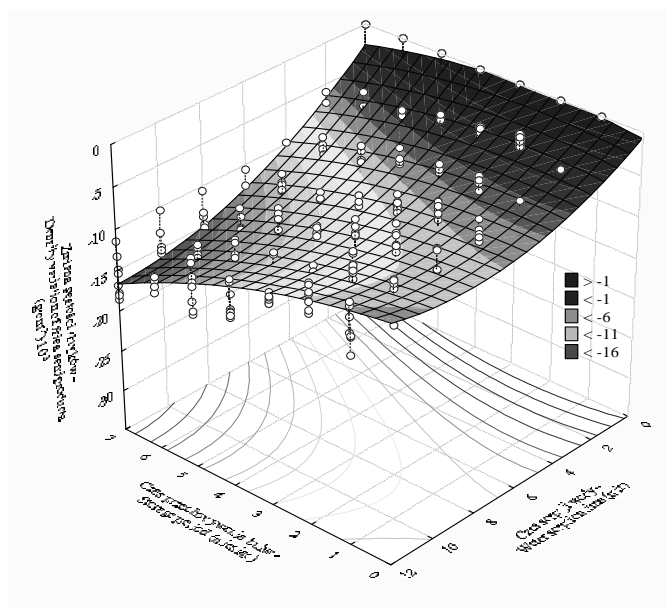
Na efekt procesów dyfuzji, które regulują ilość zaabsorbowanej wody mają wpływ wszystkie przyjęte czynniki: czas zanurzenia półproduktów w rozpuszczalniku (wodzie), temperatura wody, oraz stan fizjologiczny bulw zależny od czasu przechowywania. Zobrazowanie jednoczesnego oddziaływania czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw, na różnych poziomach temperatury sorbowanej wody, wyjaśnia w znacznym stopniu dynamikę zmian gęstości półproduktów na frytki. Dlatego do opisu zmian gęstości słupeków w wyniku sorpcji wody zastosowano regresję nieliniową. Zaproponowany model dwuwymiarowy stanowiły: zmienna zależna – zmiana gęstości słupeków oraz dwie zmienne niezależne – czas sorpcji wody i czas przechowywania bulw. Z testowanych modeli najlepsze dopasowanie do rozrzutu danych empirycznych uzyskano dla funkcji kwadratowej (tab. 4). Uzyskany poziom wariancji wyjaśnionej dla obliczonych modeli zawierał się w zakresie od 0,800 do 0,873. Interpretację graficzną wyliczonych modeli w odniesieniu do danych empirycznych przedstawiono na wykresach powierzchniowych (rys. 8-11).

Z wykresu przedstawionego na rysunku 8 wynika, że dla temperatury 20°C (najniższej przyjętej w doświadczeniu) maksymalne obniżenie gęstości przypada w 12 min sorpcji wody i w końcowym okresie przechowywania. Wraz ze wzrostem temperatury sorbowanej wody (dla czasu sorpcji 12 min) maksymalny efekt sorbowanej wody – zmniejszenie gęstości – rozkłada się stopniowo na cały okres przechowywania (rys. 9-11). Zjawisko to szczególnie uwidacznia się przy stosowaniu wody o temperaturze 40 i 50°C (rys. 10 i 11.). Taki wynik przeprowadzonego doświadczenia daje szereg wskazówek odnośnie przetwarzania ziemniaków na frytki. Przedstawia obniżenie gęstości półproduktów na frytki zależnie od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania, a to może mieć przełożenie na jakość frytek określaną między innymi zawartością tłuszczu i ich konsystencją. Z przebiegu dopasowanych funkcji można wnioskować również, że chcąc uzyskać zwiększoną dynamikę sorpcji wody, a zatem większe zmiany gęstości w całym okresie przechowywania bulw, należy podnieść temperaturę sorbowanej wody. Zwiększenie temperatury sorbowanej wody z 20 do 30°C skutkuje istotnym zmniejszeniem się gęstości (rys. 8 i 9). Proces ten przebiega najintensywniej i w sposób wyrównany w całym okresie przechowywania w wodzie o temperaturze ok. 40-50°C (rys. 10 i 11).

Tabela 4. Parametry funkcji estymowanej zmian gęstości słupek od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw

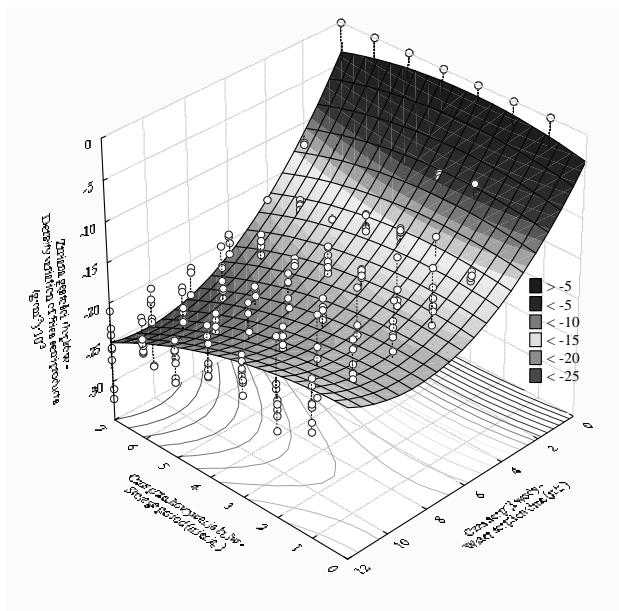
Table 4. Function parameters of chips semi-products depending on water sorption time and potato tubers storage period

Lp. Item	Temperatura Temperature (°C)	Funkcja estymowana Estimated function $z = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + a_3 + a_4 \cdot x \cdot y + a_5 \cdot y^2 + a_6 \cdot y$						Udział wariancji wyjaśnionej Explained variance share
		Parametry funkcji – Function parameters						
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	
1	20	-0,1324	0,6609	-0,6892	-0,1037	0,0928	-1,5607	0,873
2	30	-0,1625	1,0792	-3,1946	-0,0981	0,2079	-3,5903	0,867
3	40	0,0783	-0,7564	-1,5478	0,0133	0,2532	-4,7004	0,801
4	50	0,1104	-0,8014	-2,6943	-0,0570	0,2747	-4,6348	0,800



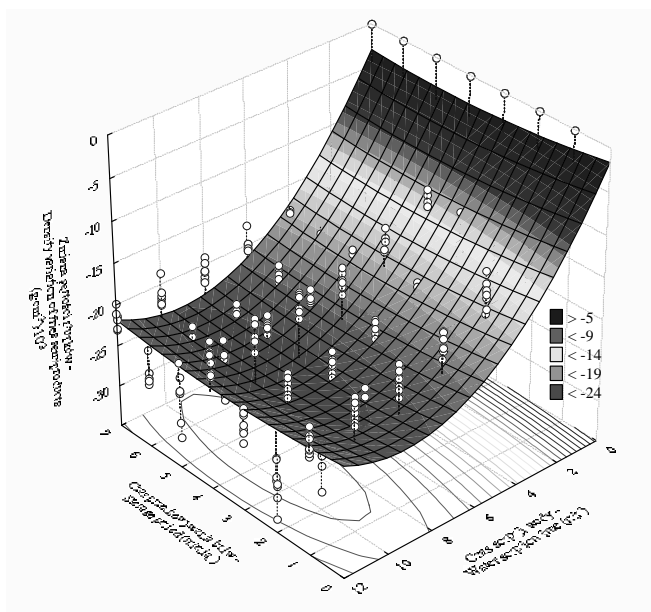
Rys. 8. Zależność gęstości półproduktów na frytki od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw przy temperaturze 20°C

Fig. 8. Density variations of chips semi-products depending on water sorption time and potato tubers storage period (temperature 20°C)



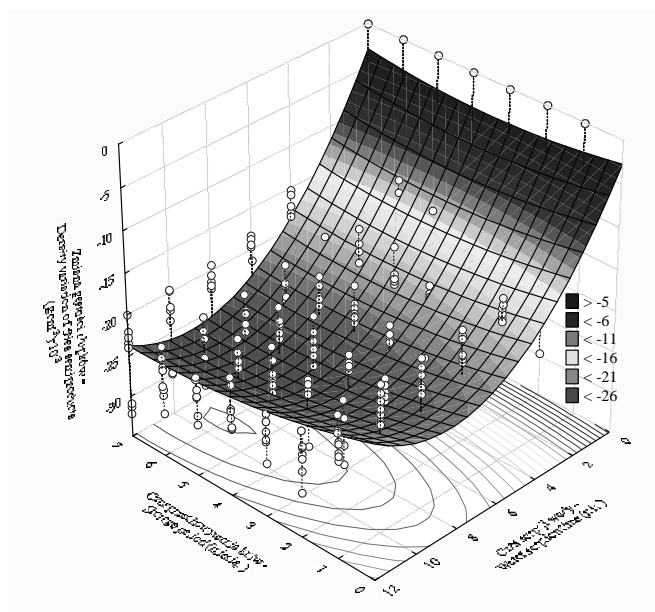
Rys. 9. Zależność gęstości półproduktów na frytki od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw przy temperaturze 30°C

Fig. 9. Density variations of chips semi-products depending on water sorption time and potato tubers storage period (temperature 30°C)



Rys. 10. Zależność gęstości półproduktów na frytki od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw przy temperaturze 40°C

Fig. 10. Density variations of chips semi-products depending on water sorption time and potato tubers storage period (temperature 40°C)



Rys. 11. Zależność gęstości półproduktów na frytki od czasu sorpcji wody i czasu przechowywania bulw przy temperaturze 50°C

Fig. 11. Density variations of chips semi-products depending on water sorption time and potato tubers storage period (temperature 50°C)

WNIOSKI

1. Analiza wyników badań wykazała statystycznie istotny wpływ przyjętych czynników doświadczenia na zmianę gęstości półproduktów na frytki. W wyniku sorpcji wody zmniejsza się gęstość słupeków.

2. Gęstość słupeków zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury i czasu sorpcji wody w przyjętych zakresach badań.

3. Zastosowanie wody o temperaturze 40-50°C znacznie zwiększa dynamikę zmian gęstości.

4. Ubytki gęstości słupeków w zależności od czasu przechowywania przyjmują różne wartości: od listopada do stycznia zmniejszają się, a od stycznia do kwietnia przyrastają.

5. Wyznaczone modele w odniesieniu do wartości rzeczywistych są dobrze dopasowane. Udział wariancji wyjaśnionej dla poszczególnych przebiegów funkcji zawiera się w przedziale 0,648-0,941.

PIŚMIENNICTWO

Chourasia M.K., Goswami T.K., 2006a. Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part I: Fluid Flow and Heat Transfer. Biosystems Engineering, Volume 94, Issue 1, 33-45.

- Chourasia M.K., Goswami T.K., 2006b. Simulation of Transport Phenomena during Natural Convection Cooling of Bagged Potatoes in Cold Storage, Part II: Mass Transfer Biosystems Engineering, Volume 94, Issue 2, 207-219.
- Chourasia M.K., Saha R., De A., Sahoo P.K., 2004. Evaluation of storage losses in a commercial potato cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 507-510.
- Copp L.J., Blenkinsop R. W., Yaada R.Y., Marangoni A.G., 2000. The relationship between respiration and chips colour during long term storage of potato tubers. *Amer. J. of Potato Res.*, 279-287.
- Czerko Z., Zgórska K., 2008a. Jakość produktów smażonych otrzymanych z ziemniaków przechowywanych w warunkach podwyższonego stężenia CO₂. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 325-334.
- Czerko Z., Zgórska K., 2008b. Technologia przechowywania ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 69-79.
- Grudzińska M., 2008. Wpływ warunków przechowywania ziemniaka na jednolitość barwy frytek. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 335-342.
- Kita A., Tajner-Czopek A., Lisińska G., 2008. Wpływ rodzaju oleju smażalniczego na zawartość akrylamidu w chipsach ziemniaczanych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 353-361.
- Lisińska G., 1994. Ziemniak jako surowiec dla przemysłu. Wymagania w stosunku do surowca. *Post. Nauk Roln.*, 1, 32-40.
- Lisińska G., 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511 część I, 81-94.
- Lutomska B., 2008. Technologia uprawy ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 53-67.
- Mozolewski W., 1999. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Ziemniak jadalny dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. IHAR, Konferencja Naukowa Radzików 23-25 lutego, 89-91.
- Mozolewski W., 2000. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz. I. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na przydatność do wyrobu chipsów. *Biuletyn IHiAR*, 213, 261-266.
- Pęksa A., 2008. Kształtowanie jakości przetworów ziemniaczanych w procesie produkcyjnym. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 81-94.
- Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G., 2006. Konsystencja ziemniaków gotowanych i produktów smażonych w zależności od zawartości polisacharydów. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 511 część II: 601-609.
- Sobol Z., 2006a. Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 139, Vol. 8(1), 219-228.
- Sobol Z., 2006b. Zmiany masy i objętości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 437-445.
- Sobol Z., 2006c. Zmiana ubytku gęstości bulw ziemniaka w wyniku absorpcji wody. *Acta Agrophysica*, Vol. 8 (4), 985-993.
- Sobol Z., 2007a. Zmiany gęstości bulw ziemniaka powodowane transpiracją i absorpcją wody w okresie przechowywania. *Inżynieria Rolnicza*, 6(94), 231-240.
- Sobol Z., 2007b. Zmiany ubytków gęstości słupków i plasterów wyciętych z bulw ziemniaka wynikające z absorpcji wody. *Acta Agrophysica*, Vol. 10(1), 219-228.
- Sobol Z., 2009. Wpływ blanszowania i sorpcji wody na zmianę gęstości półproduktów na frytki. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 257-264.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G., 2008. Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 530, 371-379.

- Tajner-Czopek A., Lisińska G., 2004. Wpływ blanszowania na jakość frytek ziemniaczanych. Biul. IHAR 232, 285-294.
- Van Dijk C., Fischer M., Beekhuizen J.G., Stolle-Smits M., 2002. Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*). I. Relationship between dry matter content, sensory – perceived texture and near infrared spectroscopy. J. Agric. Food Chem., 50, 5082-5088.
- Zgórska K., 2005 Zmiany cech technologicznych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. Ziemniak Polski, 4, 26-28.
- Zgórska K., 2010. Wszechstronność wykorzystania bulw ziemniaka. Ziemniak Polski, 2, 52-55.
- Zgórska K., Czerko Z., 2006. Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskiej temperaturze – metoda ograniczająca zawartość cukrów w bulwach ziemniaka. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 511 część II, 547-556.

THE IMPACT OF TEMPERATURE OF WATER SORBED BY READY-TO-COOK POTATO CHIPS SEMIPRODUCTS ON CHANGE IN THEIR DENSITY

Zygmunt Sobol

Institute of Machinery Management, Ergonomics and Production Processes
University of Agriculture in Krakow
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków
e-mail: Zygmunt.Sobol@ur.krakow.pl

Abstract. The objective of the presented research was to explain the impact of temperature of water sorbed by ready-to-cook potato chips semi-products on change in their density. The research was carried out for samples in the form of matchsticks cut along the direction between the top part of a tuber and its navel. Matchsticks with cross-section of 10x10mm were subjected to sorption process (by dipping them) in water with temperature of 20, 30, 40, 50°C. The research involved determination of density before the process and during it; the measurements were carried out every 2 min. Sorption duration was 12 min. The tests were conducted during storage period of 2008/09, between October and April. Ready-to-cook products used to make chips were formed of the *Kuklik* variety tubers. Analysis of test results indicates statistically significant impact of chosen experiment factors on change in the density of ready-to-cook products for chips. Their density was dropping as a result of water sorption. Density was decreasing with increasing temperature and water sorption in the examined value ranges. Density loss values were different, depending on storage period: they were decreasing between November and January, and increasing between January and April. Obtained trajectories of functions estimated with reference to real values of the experiment are well adjusted. The share of variance explained for individual function trajectories, resulting from experiment combination, ranged from 0.648 to 0.966.

Keywords: potato, storage, density, chips, sorption