

Mgr inż. Hanna CIEMNIEWSKA-ŻYTKIEWICZ

Dr inż. Joanna BRYŚ

Dr inż. Andrzej BRYŚ\*

Mgr inż. Magdalena REDER

Mgr inż. Katarzyna SUJKA

Wydział Nauk o Żywności, SGGW w Warszawie

\*Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW w Warszawie

## WPŁYW PROCESU PRAŻENIA NA ZMIANĘ ZAWARTOŚCI WODY ORAZ BARWY ORZECHÓW LASKOWYCH®

*W zaprezentowanej w artykule pracy badawczej porównano wpływ parametrów prażenia (100-160°C, 10-60 minut, przy stałej prędkości przepływu powietrza) na zmiany zawartości wody oraz barwy powierzchni wewnętrznej (brązowej) łuski i powierzchni czystego jądra orzecha. Zakres pracy obejmował wyznaczenie krzywych suszenia oraz oznaczenie zawartości suchej masy. Pomiar barwy jąder orzechów laskowych oznaczono w układzie CIE L\*, a\*, b\*, a na podstawie wyników obliczono nasycenie oraz bezwzględną różnicę barwy  $\Delta E$ . Orzechy laskowe odmiany „Katański” poddane prażeniu pochodziły z polskich upraw. Otrzymane wyniki wskazują, że podstawowym czynnikiem decydującym o zmianach parametrów barwy jest temperatura. Istotne zmiany dotyczące wszystkich parametrów barwy (L\*, a\*, b\*) mogą wynikać z ubytku wody w prażonych jądrach orzechów. Zawartość wody podczas prażenia obniża się nawet do poziomu 0,4%.*

**Słowa kluczowe:** orzechy laskowe, prażenie, barwa, zawartość wody.

### WPROWADZENIE

Rynek orzechów laskowych, jak i innych orzechów drzewnych, podzielić można na orzechy w łupinie do bezpośredniej konsumpcji oraz na orzechy wyluskane, które kierowane są do dalszej obróbki technologicznej. W skali światowej, 90% orzechów laskowych kierowanych jest do dalszej obróbki [1, 4].

Według statystyk FAO z 2011 roku liderami na rynku orzechów laskowych są niezmiennie kraje takie jak Turcja i Włochy, USA, Azerbejdżan oraz Gruzja, które produkują prawie 90% światowej podaży. W 2003 roku do rankingu FAO wprowadzona została Polska plasując się od razu na 10 miejscu, z produkcją na poziomie 2,3 tys. ton/rok. Od tego czasu produkcja orzechów laskowych w Polsce istotnie zwiększyła się i obecnie wynosi 3,1 tys. ton/rok, co daje 11 miejsce w rankingu FAO. W Polsce uprawiane są orzechy laskowe głównie odmian deserowych (wielkoowocowych), takich jak: Katański, Barceloński, czy Olbrzymi z Halle, które wykorzystywane są powszechnie do bezpośredniego spożycia [3].

Jednym z najważniejszych procesów obróbki jest prażenie, które znacząco podnosi smakowość orzechów poprzez wzmocnienie smaku, koloru oraz poprawę kruchości i chrupkości. Prażenie orzechów można zdefiniować jako obróbkę termiczną (np. gorącym powietrzem lub przy użyciu podczerwieni) w temperaturze 104 – 180°C w czasie od 6 do 45 min, przy czym optimum czasu obróbki i temperatury jest różne dla różnego rodzaju orzechów [1]. W trakcie prażenia zmienia się zawartość wody w prażonym materiale, zatem proces ten możemy traktować jako suszenie w wysokich temperaturach. Suszeniem nazywa się zespół operacji technologicznych, mających na celu zredukowanie zawartości wody w produkcie przez jej wyparowanie i zmniejszenie przez to

aktywności wody do takiego poziomu, który uniemożliwia rozwój drobnoustrojów i przy którym ogranicza się do minimum przemiany enzymatyczne i nieenzymatyczne [6, 7, 15].

Ciepło może być dostarczane do materiału suszonego przez przewodzenie, konwekcję i promieniowanie. Najczęściej stosuje się ogrzewanie konwekcyjne, w czasie którego czynnik grzejny obmywa materiał lub przepływa przez warstwę suszonego produktu. Proces konwekcyjnego suszenia ciał stałych jest procesem, w którym występuje jednoczesny transport energii i masy (wody) między pojedynczymi ciałami stałymi a powietrzem, jako ich gazowym otoczeniem, lub między warstwą ciał stałych, a przepływającym przez nią powietrzem [6,7]. W czasie suszenia masa wody w materiale suszonym, podobnie jak w powietrzu odbierającym od niego wodę, zmienia się, natomiast masa suchej substancji (s.s.) zawartej w tym materiale nie ulega zmianie, przy założeniu, że w procesie suszenia nie ma żadnych jej strat [6, 7].

Przebieg procesu suszenia przedstawia się z użyciem krzywych suszenia, czyli wykresów sporządzonych w układzie zmiany zawartość wody w materiale w funkcji czasu suszenia. Zawartość wody u ciała stałego jest definiowana jako [6]:

$$u = \frac{W}{M_{ss}} \quad (\text{kg wody/ kg s.s.}), \quad (1)$$

przy czym:  $W$  – masa zawartej w ciele wody (kg wody),  
 $M_{ss}$  – masa suchej substancji (kg suchej substancji).

W warunkach przemysłowych orzechy laskowe prażone są głównie gorącym powietrzem w temperaturze z przedziału 100-180°C w czasie od 5 do 60 minut [4, 11, 12, 14]. Prażenie orzechów w niższych temperaturach może być uznane za proces izotermalny, ponieważ temperatura prażonych orzechów przed większością czasu prażenia jest prawie asymptotycznie równa zadanej temperaturze powietrza i zmiany

jakościowe zachodzą głównie w trakcie tej fazy izotermalnej. W przypadku prażenia w wyższych temperaturach, a krótszym czasie, zmiany jakościowe zachodzą z całym zakresem temperatur [2].

Zmiany barwy, tekstury, smaku zachodzące w trakcie prażenia są głównie związane z nieenzymatyczną reakcją brązowienia. Brązowienie enzymatyczne prawie nie zachodzi, ponieważ system enzymatyczny odpowiedzialny za brązowienie ulega denaturacji w wyniku działania wysokiej temperatury ( $>100^{\circ}\text{C}$ ). Barwa orzechów jest dobrym wyznacznikiem jakości suszonej żywności, w tym orzechów, ponieważ wraz z postępem procesu brązowienia i karmelizacji zwiększa się zawartość brązowych pigmentów [9, 13, 17].

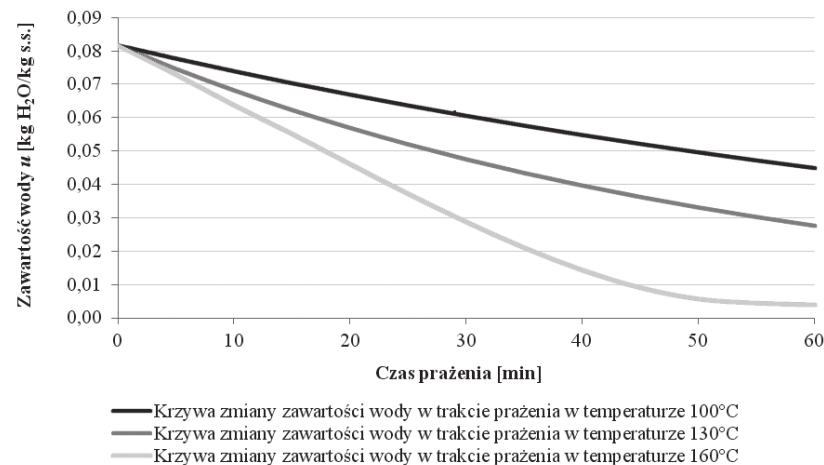
**Celem artykułu jest przedstawienie uzyskanych wyników badań dotyczących zmian zawartości wody (krzywe suszenia) oraz zmiany barwy prażonych jąder orzechów laskowych w zależności od zastosowanych parametrów procesu.**

## MATERIAŁY I METODY

Przedmiotem badań były orzechy laskowe (*Corylus avellana* L.) odmiany Kataloński, pochodzące z uprawy z południowej Polski. Wyselekcjonowano orzechy w łupinie o średnicy  $\geq 16$  mm, spełniające wymagania dotyczące klasy „Ekstra” zgodnie z wymaganiami stawianymi w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1284/2002. Bezpośrednio przed prażeniem orzechy zostały pobawione łupiny, natomiast po prażeniu jądra orzechów były przechowywane w temperaturze  $-18^{\circ}\text{C}$  do czasu analizy.

Zawartość wody oznaczono zgodnie z metodyką dotyczącą określania wilgotności w orzechach laskowych dostępną w Rozporządzeniu Komisji (WE) nr 1284/2002. W trakcie prażenia badano zmiany zawartości wody metodą suszarkowo-wagową. Na podstawie zmian zawartości wody w trakcie suszenia sporządzono krzywe suszenia.

Prażenie prowadzono w komorowej suszarce konwekcyjnej firmy Memmert UFP400. Podczas suszenia dokonano pomiaru masy materiału w odstępach 1-minutowych. Zastosowano dziewięć kombinacji prażenia suchym powietrzem:



**Rys. 1. Krzywe zmiany zawartości wody jąder orzechów laskowych prażonych w czasie 60 minut w temperaturach  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $130^{\circ}\text{C}$  i  $160^{\circ}\text{C}$ .**

Źródło: Badania własne

$100^{\circ}\text{C}/10\text{min.}$ ,  $100^{\circ}\text{C}/30\text{min.}$ ,  $100^{\circ}\text{C}/60\text{min.}$ ,  $130^{\circ}\text{C}/10\text{min.}$ ,  $130^{\circ}\text{C}/30\text{min.}$ ,  $130^{\circ}\text{C}/60\text{min.}$ ,  $160^{\circ}\text{C}/10\text{min.}$ ,  $160^{\circ}\text{C}/30\text{min.}$ ,  $160^{\circ}\text{C}/60\text{min.}$ , przy przepływie powietrza o średniej wartości  $0,8\text{--}1,0 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$  powstałym w wyniku pracy wiatraka. Przepływ powietrza ustalono za pomocą anemometru typu Kestrel 4000 firmy Nielsen-Kellerman. Barwę jąder orzechów przed i po prażeniu a także po usunięciu łuski okrywającej jądra orzechów oznaczono przy użyciu chromometru typu CM5 firmy Konica Minolta. Barwę mierzono w systemie CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (źródło światła – D65, średnica pola pomiarowego – 3mm, obserwator kalorymetryczny o kącie widzenia  $2^{\circ}$ ). Przed pomiarem urządzenie skalibrowano względem czerni, gdzie  $L^*=0$  oraz bieli, gdzie  $L^*=100$ . Dla każdej badanej próbki wykonano 10 powtórzeń. Obliczono dodatkowo:

A) nasycenie barwy [9, 19]:

$$C = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

B) bezwzględną różnicę barwy [8, 16]:

$$C = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

gdzie:  $\Delta L$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta b$  – wskaźniki różnicy barw powierzchni badanych próbek jąder orzechów w porównaniu do nieprażonych orzechów laskowych.  $\Delta E$  wyrażona jest w umownych jednostkach NBS [8, 10, 16].

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji testem Tukey’a przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  w celu oceny wpływu jednocześnie czasu i temperatury prażenia na zmianę barwy i nasycenia barwy powierzchni jąder orzechów.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Początkowa zawartość wody w jądrach analizowanych orzechów wynosiła  $0,0818 \text{ kg wody/kg s.s.}$  W trakcie prażenia zaobserwowano zmniejszanie się masy suszonych jąder orzechów, a końcowa zawartość wody w jądrach orzechów prażonych w temperaturze  $100$ ,  $130$  i  $160^{\circ}\text{C}$  wynosiła odpowiednio:  $0,0449$ ;  $0,0278$  i  $0,0039 \text{ kg/kg s.s.}$  Analizując uzyskane wyniki można stwierdzić, iż jądra orzechów prażonych w wyższej temperaturze charakteryzowały się mniejszą końcową zawartością wody. Podobną zależność zaobserwował również Saklar i współpracownicy [18]. Początkowa zawartość wody w jądrach orzechów wynosiła  $0,0818 \text{ kg wody/kg s.s.}$  Krzywe zmiany zawartości wody dla temperatur  $100^{\circ}\text{C}$  oraz  $130^{\circ}\text{C}$  mają zbliżony przebieg, a jądra orzechów prażonych w tych temperaturach zawierały po 60 minutowym procesie wodę w ilości odpowiednio  $0,045 \text{ kg wody/kg s.s.}$  i  $0,028 \text{ kg wody/kg s.s.}$  Jądra orzechów poddanych prażeniu w  $160^{\circ}\text{C}$  już po 50 minucie straciły większość wody, a sam proces dyfuzji wody przebiegał szybciej w porównaniu do prażenia w temperaturach  $100^{\circ}\text{C}$

**Tabela 1. Procentowa zawartość wody w badanych jądrach orzechów laskowych**

Parametry prażenia		Zawartość wody [%]
Temperatura [°C]	Czas [min.]	
jądra orzechów nieprażonych		7,56
100	10	6,84
	30	5,60
	60	4,15
130	10	6,31
	30	4,40
	60	2,56
160	10	5,90
	30	2,66
	60	0,36

Źródło: Badania własne

**Tabela 2. Wartości parametrów barwy L\*, a\*, b\* jąder orzechów laskowych pozbawionych zewnętrznej łuski w zależności od zastosowanych parametrów prażenia**

Parametry prażenia		Parametry barwy			
Temperatura [°C]	Czas [min.]	L*	a*	b*	nasycenie (C)
jądra orzechów nieprażonych		79,40 ± 1,36 <sup>ab</sup>	1,27 ± 0,32 <sup>ab</sup>	29,40 ± 1,16 <sup>bc</sup>	29,43 ± 2,71 <sup>b</sup>
100	10	78,75 ± 0,76 <sup>ab</sup>	0,99 ± 0,16 <sup>ab</sup>	29,38 ± 1,12 <sup>bc</sup>	29,40 ± 1,11 <sup>abc</sup>
	30	82,13 ± 1,49 <sup>a</sup>	0,87 ± 0,13 <sup>ab</sup>	25,76 ± 1,28 <sup>abc</sup>	25,77 ± 1,28 <sup>ab</sup>
	60	81,77 ± 1,18 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,30 <sup>a</sup>	24,52 ± 1,05 <sup>a</sup>	24,53 ± 1,05 <sup>a</sup>
130	10	80,04 ± 1,35 <sup>ab</sup>	0,72 ± 0,30 <sup>a</sup>	24,88 ± 1,79 <sup>ab</sup>	24,89 ± 1,79 <sup>ab</sup>
	30	81,03 ± 1,16 <sup>a</sup>	0,77 ± 0,15 <sup>a</sup>	24,88 ± 2,01 <sup>ab</sup>	24,89 ± 2,01 <sup>ab</sup>
	60	81,24 ± 0,55 <sup>a</sup>	1,29 ± 0,35 <sup>ab</sup>	26,36 ± 1,36 <sup>abc</sup>	26,40 ± 1,36 <sup>ab</sup>
160	10	76,11 ± 3,08 <sup>b</sup>	2,67 ± 1,20 <sup>b</sup>	28,77 ± 2,26 <sup>ab</sup>	28,90 ± 2,25 <sup>b</sup>
	30	70,25 ± 4,74 <sup>c</sup>	8,73 ± 2,58 <sup>c</sup>	35,17 ± 3,61 <sup>d</sup>	36,24 ± 3,77 <sup>d</sup>
	60	49,17 ± 3,24 <sup>d</sup>	15,16 ± 1,54 <sup>d</sup>	30,32 ± 4,40 <sup>c</sup>	33,89 ± 4,46 <sup>cd</sup>

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności ( $\alpha=0,05$ )

Źródło: Badania własne

**Tabela 3. Wartości parametrów barwy L\*, a\*, b\* jąder orzechów laskowych z łuską w zależności od zastosowanych parametrów prażenia**

Parametry prażenia		Parametry barwy			
Temperatura [°C]	Czas [min.]	L*	a*	b*	nasycenie (C)
jądra orzechów nieprażonych		55,28 ± 2,06 <sup>ab</sup>	13,69 ± 0,92 <sup>a</sup>	28,91 ± 0,76 <sup>d</sup>	31,99 ± 0,57 <sup>cd</sup>
100	10	49,76 ± 4,68 <sup>bc</sup>	16,83 ± 1,32 <sup>c</sup>	28,43 ± 1,30 <sup>d</sup>	33,03 ± 1,01 <sup>d</sup>
	30	52,11 ± 1,22 <sup>abc</sup>	15,24 ± 0,60 <sup>abc</sup>	27,95 ± 1,87 <sup>cd</sup>	31,83 ± 1,89 <sup>cd</sup>
	60	50,44 ± 1,53 <sup>abc</sup>	16,09 ± 0,89 <sup>bc</sup>	25,50 ± 1,50 <sup>bc</sup>	30,17 ± 1,46 <sup>bc</sup>
130	10	55,58 ± 1,53 <sup>a</sup>	14,65 ± 0,62 <sup>ab</sup>	29,05 ± 0,38 <sup>d</sup>	32,54 ± 0,44 <sup>cd</sup>
	30	51,81 ± 1,54 <sup>abc</sup>	16,70 ± 1,64 <sup>bc</sup>	27,38 ± 1,24 <sup>cd</sup>	32,09 ± 1,66 <sup>cd</sup>
	60	48,58 ± 4,23 <sup>cd</sup>	16,09 ± 1,07 <sup>abc</sup>	23,06 ± 1,70 <sup>b</sup>	28,14 ± 1,54 <sup>b</sup>
160	10	55,51 ± 3,49 <sup>b</sup>	14,61 ± 1,61 <sup>ab</sup>	28,52 ± 1,09 <sup>d</sup>	32,06 ± 1,53 <sup>cd</sup>
	30	48,28 ± 2,29 <sup>cd</sup>	16,34 ± 0,75 <sup>bc</sup>	23,77 ± 1,28 <sup>b</sup>	28,86 ± 1,17 <sup>b</sup>
	60	43,11 ± 3,65 <sup>d</sup>	16,11 ± 1,13 <sup>bc</sup>	17,69 ± 2,02 <sup>a</sup>	23,98 ± 1,49 <sup>a</sup>

Wartości oznaczone tą samą literą w kolumnie nie różnią się istotnie statystycznie przy poziomie istotności ( $\alpha=0,05$ )

Źródło: Badania własne

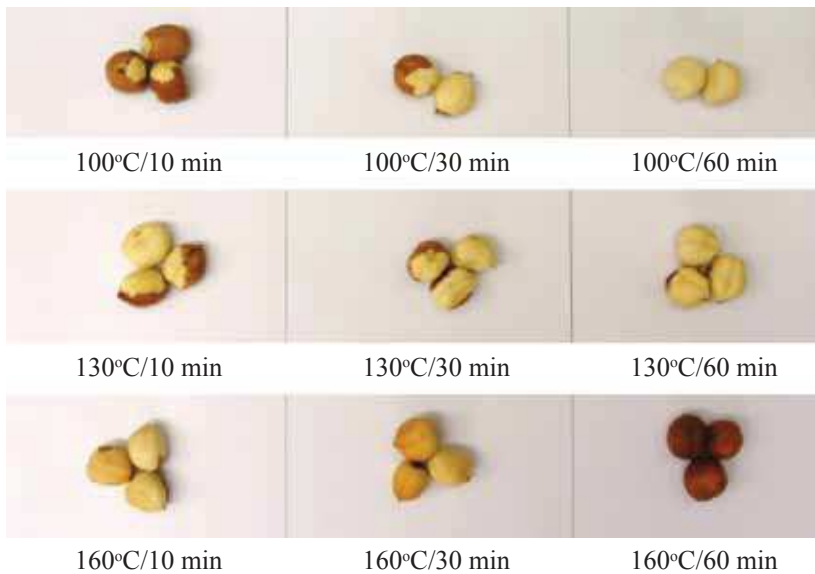
i 130°C. Krzywe prażenia jąder orzechów laskowych w różnych temperaturach przedstawiono na Rys. 1.

Saklar i współpracownicy [18] wykazali, że wraz ze wzrostem temperatury, przepływu powietrza oraz czasu prażenia zmniejsza się procentowa zawartość wody w jądrach orzechów laskowych, co znajduje potwierdzenie w przeprowadzonych badaniach (Tabela 1.). Biorąc pod uwagę wyniki procentowej zawartości wody w analizowanych jądrach orzechów przed i po procesie prażenia w różnych warunkach stwierdzono, że proces prażenia trwający 60 min spowodował zmniejszenie procentowej zawartości wody do poziomu 4,15% dla materiału prażonego w 100°C i 0,36% dla jąder orzechów prażonych w 160°C.

Prażenie w temperaturze 160°C spowodowało zatem największe zmniejszenie procentowej zawartości wody w jądrach badanych orzechów. Zawartość wody w materiale badawczym po godzinnym procesie prażenia w temperaturze 160°C była ponad 20 krotnie mniejsza w stosunku do zawartości wody w jądrach orzechów przed prażeniem.

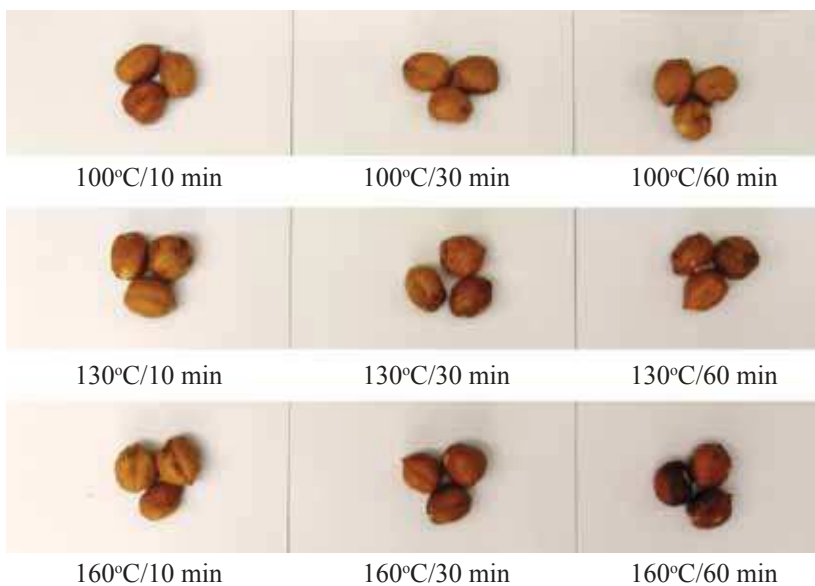
Najistotniejszym parametrem wpływającym na barwę jąder orzechów laskowych w trakcie prażenia jest temperatura przepływającego powietrza [13, 18]. W przeprowadzonym doświadczeniu obserwuje się, że wraz ze wzrostem temperatury prażenia istotnie statystycznie zmieniają się parametry barwy zarówno dla jąder orzechów prażonych jak również pozbawionych zewnętrznej łuski (Tabela 2. i 3.).

Jasność (L\*) jąder orzechów pozbawionych zewnętrznej łuski zmniejszyła się istotnie po prażeniu w 160°C przez 30 i 60 minut, a dla jąder orzechów w brązowej łusce zarówno po prażeniu w wyżej wymienionych warunkach, jak również przy zastosowaniu kombinacji 130°C/60 minut. Dla wartości a\*, b\* i C zmiany istotnie statystycznie zaszły głównie po dłuższym prażeniu w 160°C, czego potwierdzeniem są zdjęcia widoczne na Rysunkach 2. i 3. Saklar i współpracownicy [18] oraz Özdemir i Devres [13] również wykazali zmianę jasności jąder orzechów laskowych, której wartość maleje wraz ze wzrostem temperatury oraz czasu prażenia. Autorzy wskazują również, że zmiana wartości parametrów a\* i b\* zależy głównie od zastosowanej temperatury prażenia.



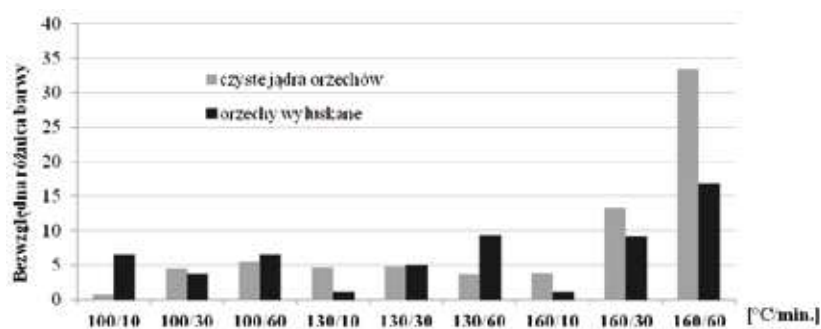
Rys. 2. Zmiana barwy jąder orzechów laskowych pozbawionych zewnętrznej łuski w zależności od zastosowanych parametrów prażenia.

Źródło: Badania własne



Rys. 3. Zmiana barwy jąder orzechów laskowych z łuską w zależności od zastosowanych parametrów prażenia.

Źródło: Badania własne



Rys. 4. Bezwzględna różnica barwy ( $\Delta E$ ) jąder orzechów w zależności od parametrów prażenia.

Źródło: Badania własne

Zbadany parametr  $a^*$  dla powierzchni jąder orzechów, odpowiadający barwie czerwonej (+) oraz zielonej (-), charakteryzuje się większym udziałem barwy czerwonej, niezależnie czy jądra orzechów poddane były prażeniu czy nie (Tabela 2. i 3.). Zwiększenie udziału barwy czerwonej w trakcie prażenia jest zdecydowanie intensywniejsze (od około +1 do około +15) w przypadku jąder pozbawionych łuski.

Wartość parametru  $b^*$ , opisująca barwę żółtą (+) oraz barwę niebieską (-), zarówno dla jąder orzechów pozbawionych łuski jak i w łusce przyjmuje wartości dodatnie. Jądra orzechów pozbawionych łuski charakteryzowały się większymi wartościami parametru  $b^*$ , w porównaniu do jąder orzechów w łusce, prażonych w tych samych warunkach. Prażenie istotnie statystycznie wpływa na wartość parametru  $b^*$  w przypadku jąder orzechów zarówno w łusce jak i bez łuski po procesie prażenia w 160°C przez 30 min i 160°C przez 60 min.

Dodatkowo wyliczono wartość nasycenia barwy (C), czyli parametru umożliwiającego ocenę intensywności i głębi barwy na podstawie wartości  $a^*$  i  $b^*$ . Nasycenie opisuje udział barwy chromatycznej we wrażeniu ogólnym [5]. W przypadku jąder orzechów pozbawionych łuski o wartości C decyduje przede wszystkim parametr  $b^*$ , którego wartość jest znacząco większa od wartości parametru  $a^*$ . Nasycenie barwy jąder orzechów w łusce zależało równomiernie od obu parametrów.

Na podstawie jasności  $L^*$ , barwy czerwonej  $a^*$  i żółtej  $b^*$  wyliczono również wartość bezwzględnej różnicy barwy ( $\Delta E$ ). Im wyższa wartość bezwzględnej różnicy barwy, tym odchylenie od barwy materiału wyjściowego jest większe. Wartości  $\Delta E$  powyżej 5 świadczą o znacznej zmianie barwy w stosunku do barwy jąder orzechów nieprażonych (Rys 4.). Analizując uzyskane wyniki obliczonych wartości  $\Delta E$  dla jąder orzechów prażonych stwierdzono, iż największym odchyleniem od barwy jąder orzechów nieprażonych charakteryzowały się jądra orzechów prażonych przez 30 i 60 min w temperaturze 160°C. Bezwzględna różnica barwy może być zatem parametrem określającym warunki w jakich przebiegał proces prażenia.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Badane jądra orzechów po prażeniu charakteryzowały się mniejszą jasnością oraz nabrały intensywniejszej barwy czerwonej w porównaniu do jąder orzechów nieprażonych, a podstawowym parametrem decydującym o zmianie barwy oraz utracie wody była temperatura. Jądra orzechów prażone w wyższych temperaturach charakteryzowały się mniejszą końcową zawartością wody. Prażenie w temperaturze

160°C powodowało największe obniżenie procentowej zawartości wody w jądrach orzechów, a im dłuższy był czas procesu, tym procentowa zawartość wody w prażonym materiale była mniejsza. W trakcie prażenia, w wyniku utraty wody dochodzi do zwiększenia przestrzeni międzykomórkowych i zmniejszenia elastyczności jąder orzechów, co jest charakterystyczną cechą jąder orzechów świeżych [18]. Jądra orzechów po prażeniu stają się bardziej chrupkie i kruche, co z punktu widzenia konsumenta jest korzystną zmianą. Najlepszymi warunkami procesu prażenia jąder orzechów laskowych, w których nie zachodzi duża zmiany barwy a jednocześnie zostaje usunięta znaczna ilość wody z suszonego materiału jest temperatura 130°C i czas 30 min.

Prażenie ma wpływ zarówno na poprawę smakowości jąder orzechów jak również na ich właściwości technologiczne. Wstępne badania nad wydajnością procesu wyłaczania oleju z jąder orzechów laskowych na zimno wskazują, że lekkie wyprażenie jąder orzechów (w warunkach 100°C/30min. lub 130°C/10min.) poprawia wydajność tłoczenia względem wydajności tłoczenia jąder orzechów nie poddanych tej obróbce. Powyższe wnioski skłaniają autorów do podjęcia dalszych badań nad prażeniem orzechów laskowych.

## LITERATURA

- [1] CIEMNIEWSKA H., KRYGIER K. 2012. *Orzechy – charakterystyka technologiczna*. Przemysł Spożywczy, 66, 26-29.
- [2] DEMIR A.D., CELAYETA J.M.F., CRONIN K., ABODAYEH K. 2002. *Modelling of the kinetics of colour change in hazelnuts during air roasting*. Journal of Food Engineering 55, 283-292.
- [3] GANTNER M. 2010. *Aktualne problemu występujące w uprawach małoobszarowych na przykładzie leszczyny*. Postępy w Ochronie Roślin, 50, 1583-1591.
- [4] GHIRARDELLO D., PROSPERINI S., ZEPPA G., GERBI V. 2010. *Phenolic acid profile antioxidant capacity of hazelnut (Corylus avellana L.) kernels in different solvent systems*. Journal of Food and Nutrition Research, 49, 195-205.
- [5] GOZDECKA G. 2006. *Zastosowanie obiektywnej metody kolorymetrycznej do oceny barwy mięsa*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 29, 35-37.
- [6] KALETA A., GÓRNICKI K. 2005. *Materiały do wybranych ćwiczeń z techniki cieplnej*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [7] KALETA A., GÓRNICKI K. 2009. *Podstawy techniki cieplnej w inżynierii rolniczej*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [8] KLEPACKA M. (RED.) 2002. *Analiza Żywności*. Wydawnictwo Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- [9] MACDOUGALL D.B. 2002. *Colour measurement of food: principles and practice. W: Colour in food. Improving quality* (ed. D.B. MacDougall). Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 33-63.
- [10] MIELICKI J. 1997. *Zarys wiadomości o barwie*. Fundacja Rozwoju Polskiej Kolorystyki, Łódź.
- [11] ÖZDEMİR M., DEVRES O. 1999. *The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting*. Journal of Food Engineering, 42, 225-233.
- [12] ÖZDEMİR M., DEVRES O. 2000A. *Kinetics of colour changes of hazelnuts during roasting*. Journal of Food Engineering, 44, 31-38.
- [13] ÖZDEMİR M., DEVRES O. 2000B. *Analysis of color development during roasting of hazelnuts using response surface methodology*. Journal of Food Engineering 45, 17-24.
- [14] PERREN R., ESCHER F.E. 1997. *Investigations on the hot air roasting of nuts*. The Manufacturing Confectioner (czerwiec), 123-127.
- [15] RZĄCA M., WITROWA-RAJCHERT D. 2007. *Suszenie żywności w niskiej temperaturze*. Przemysł Spożywczy, 4, 30-35.
- [16] RZĄCA M., WITROWA-RAJCHERT D. 2008. *Zmiany barwy suszu jabłkowego uzyskanego przy wykorzystaniu promieniowania podczerwonego*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 32, 16-19.
- [17] SADOWSKA A., BILLER E. 2011. *Brunatnienie nieenzymatyczne wybranych produktów spożywczych – skutki negatywne i pozytywne*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 39, 85-88.
- [18] SAKLAR S., UNGUN S., KATNAS S. 2001. *Determination of optimum hazelnut roasting conditions*. International Journal of Food Science and Technology, 36, 271-281.
- [19] ŚLEDŹ M., WITROWA-RAJCHERT D. 2012. *Influence of microwave-convective drying on chlorophyll content and colour of herbs*. Acta Agrophysica, 19, 865-876.

## ANALYSIS OF WATER CONTENT AND COLOUR DEVELOPMENT OF ROASTING HAZELNUTS

### SUMMARY

The following study compares the parameters of roasting (100-160°C, 10-60 min) at a constant air flow rate on the basis of changes in water content and the colour development of the hazelnut kernels. The scope of this paper included drying curves preparation, moisture content determination and colour of kernel surface analysis in CIE L\*, a\*, b\* system. Additionally, colour intensity (chroma – C) and total colour difference ( $\Delta E$ ) were calculated. Hazelnuts, "Katałoński" variety cultivated in Poland were taken to the analysis. The obtained results indicated that the temperature was the main factor which affected on colour development. The significant changes occurred in all colour parameters (L\*, a\*, b\*), what can be also correlated with the intensive water loss. The water content reduced even below 0,4%.