

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH ZIARNA KUKURYDZY POD WPŁYWEM OBRÓBKI CIEPLNEJ

Beata Ślaska-Grzywna, Dariusz Andrejko, Agnieszka Rulka
Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Halina Pawlak

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Barbara Kornas-Czuczwar, Izabela Świetlicka

Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. w pracy zaprezentowano zmiany wybranych właściwości teksturalnych ziarna kukurydzy cukrowej spowodowane zastosowaniem różnych zabiegów technologicznych. W badaniach porównano twardość i sprężystość ziarna kukurydzy świeżej, gotowanej, poddanej obróbce cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym oraz konserwowanej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wszystkie zastosowane zabiegi powodowały zmiany wartości twardości i sprężystości ziarna kukurydzy cukrowej. Zmiany te były uzależnione od przyjętych w programie badawczym parametrów obróbki.

Słowa kluczowe: kukurydza, obróbka cieplna, piec konwekcyjno-parowy, ziarno

Wstęp

Kukurydza cukrowa jest jednym ze składników żywieniowych człowieka. Jest uprawiana w celach spożywczych zarówno do bezpośredniego spożycia jako warzywo w postaci kolb lub w postaci ziarna konserwowanego. Popularny jest również podgatunek kukurydzy pękającej, powszechnie zwanej jako tzw. popcorn. W Polsce bardziej znane są płatki kukurydziane (ang. cornflakes), które otrzymuje się z kukurydzy pękającej. Ponadto dojrzałe ziarno kukurydzy uprawianej na cele przemysłowe może być przerabiane na kaszę, mąkę, olej jadalny produkowany z zarodków lub inne produkty jak margaryna, cukier czy syrop.

Odmiany kukurydzy cukrowej gromadzą 8-10 razy więcej cukrów rozpuszczalnych w wodzie niż odmiany kukurydzy pastewnej. Duża wartość spożywcza (dietetyczna) ziarniaków kukurydzy cukrowej jest wynikiem zawartości w nich białka, tłuszczu, skrobi, cukrów oraz witamin. Spośród powszechnie spożywanych warzyw wyróżnia się największą

szą zawartością fosforu, magnezu oraz potasu. Ważnym składnikiem jest selen przeciwdziałający powstawaniu nowotworów. Ziarniak kukurydzy cukrowej nie zawiera glutenu, dzięki czemu stanowi bardzo cenny pokarm w diecie bezglutenowej [Gawęcki, Hryniwiecki 2003, Sandhu i in. 2004, Sandhu i in. 2007].

W Polsce według orientacyjnych danych kukurydzę cukrową uprawia się tylko na powierzchni ok. 3,5 tys. ha, a spożycie na statystycznego mieszkańca wynosi 0,5 kg. Najważniejsze przyczyny uprawy tej rośliny na stosunkowo niewielkiej powierzchni w naszym kraju to:

- brak wartościowych odmian polskich na rynku nasiennym;
- brak tradycji w uprawie i konsumpcji kukurydzy cukrowej;
- zbyt krótki okres podaży surowca konsumpcyjnego na rynku;
- niedostateczny rozwój przemysłu przetwórczego i chłodniczego;
- niezajomość prawidłowej agrotechniki kukurydzy cukrowej [Balcerzak, Legańska 2000; Berdowski, Jarczyk 1997].

Cel badań

Celem badań było określenie zakresu zmian wybranych właściwości teksturalnych (twardości i sprężystości) ziarna kukurydzy cukrowej odmiany Złota Karłowa spowodowanych obróbką cieplną prowadzoną w piecu konwekcyjno-parowym w zmiennym czasie, temperaturze i ilości dodawanej pary wodnej.

Materialy i metody

Charakterystyka materiału badanego

Badania przeprowadzono w Laboratorium Techniki Gastronomicznej w Katedrze Inżynierii i Maszyn Spożywczych. Materiał badawczy stanowiła kukurydza cukrowa, odmiany Złota Karłowa, pochodząca ze zbiorów w 2010 roku, a także kukurydza konserwowa, tej samej odmiany, firmy Pudliszki. Materiał badawczy zakupiono w październiku 2010 roku.

Kukurydza cukrowa odmiany Złota Karłowa jest jedną z najpopularniejszych odmian uprawianych w Polsce. Należy do odmian bardzo wczesnych, kolby gotowe są do zbioru już w pierwszej połowie sierpnia.

Przygotowanie surowca

Przygotowanie surowca do badań polegało na oddzieleniu ziarniaków od kolb. W przypadku kukurydzy konserwowej, ziarniaki oddzielono od zalewy. Każda próba badawcza składała się z 15 ziarniaków o zbliżonej wielkości i masie. Tak przygotowany wstępnie materiał badawczy, poddawano obróbce termicznej.

Obróbka cieplna

Ziarno kukurydzy obrobiono cieplnie poprzez gotowanie i ogrzewanie w piecu konwekcyjno-parowym.

Gotowanie

Procesowi gotowania poddano ziarna świeże. Wrzucano je do wrzącej wody. Proces gotowania odbywał się w zmiennym czasie, tj. 5, 10, 15 i 20 minut.

Piec konwekcyjno-parowy

Ziarna świeżej kukurydzy ogrzewano w piecu konwekcyjno-parowym typu XV 303 G firmy UNOX. Głównymi zaletami pieca konwekcyjno-parowego są krótki czas obróbki, znacznie mniejsze straty wagowe obrabianych surowców, mniejsze straty witamin w porównaniu z tradycyjnymi metodami przygotowania potraw [Diakun, Zawisza 2006, Radomski, Zawisza 2004]. Obróbkę termiczną ziaren kukurydzy prowadzono w temperaturze 80°C i 100°C w czterech seriach pomiarowych dla każdej temperatury.

- I seria: 0% dodatku pary w stosunku do początkowej wilgotności powietrza w komorze pieca, czas obróbki: 5, 10, 15, 20, 25 minut;
- II seria: 60% dodatku pary, czas obróbki: 5, 10, 15, 20, 25 minut;
- III seria: 80% dodatku pary, czas obróbki: 5, 10, 15, 20, 25 minut;
- IV seria: 100% dodatku pary, czas obróbki: 5, 10, 15, 20, 25 minut.

Przebieg badań teksturalnych

Po obróbce cieplnej, próbki na bieżąco poddawano badaniom wytrzymałościowym. Pomiar siły ściskania próbek dyni prowadzono w teksturometrze TA.XT plus, współpracującym z komputerem. Surowiec poddawany był podwójnemu ściskaniu przy prędkości przesuwu głowicy 50 mm·min⁻¹. Proces ściskania prowadzono przy stałej deformacji próbek wynoszącej 50% ich wysokości, natomiast czas przerwy pomiędzy seriami wynosił 5 s. Na podstawie uzyskanych pomiarów w postaci teksturogramów w układzie dwóch współrzędnych siła-czas wyznaczano następujące parametry tekstury: twardość i sprężystość. Po przeprowadzeniu badań uzyskane wyniki pomiaru siły ściskania próbek poddano analizie statystycznej w oparciu o programy Texture Exponent 32 i Microsoft Excel.

Wyniki badań

Wpływ różnych zabiegów na wybrane parametry tekstury ziarna kukurydzy cukrowej

W tabelach 1, 2, i 3 zaprezentowano zmienność wybranych parametrów tekstury ziarna kukurydzy cukrowej w zależności od rodzaju obróbki. Zaobserwowano, że gotowanie ziarna kukurydzy znacznie obniżało wszystkie mierzone wartości w porównaniu z ziarniakami, które nie zostały poddane żadnej obróbce cieplnej. Z kolei konserwowanie wpływało na wzrost niektórych wielkości, jak np. twardości. Ma to wpływ na przedłużenie trwałości produktu.

Tabela 1. Wybrane parametry tekstury kukurydzy cukrowej niepoddanej obróbce cieplnej
Table 1. Selected texture parameters of sweetcorn without thermal treatment

Parametry tekstury	Średnia arytmetyczna pomiarów
Twardość [N]	17,44
Sprężystość	0,63

Źródło: obliczenia własne

Tabela 2. Wybrane parametry tekstury kukurydzy cukrowej konserwowanej
Table 2. Selected texture parameters of preserved corn

Parametry tekstury	Średnia arytmetyczna pomiarów
Twardość [N]	19,28
Sprężystość	0,55

Źródło: obliczenia własne

Tabela 3. Wybrane parametry tekstury kukurydzy cukrowej poddanej gotowaniu
Table 3. Selected texture parameters of corn after boiling treatment.

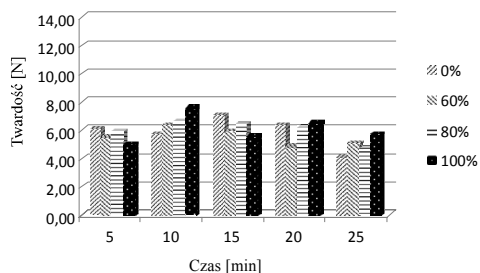
Parametry tekstury	Czas gotowania [min]			
	5	10	15	20
Twardość [N]	3,31	4,06	6,38	4,37
Sprężystość	0,58	0,54	0,57	0,5

Źródło: obliczenia własne

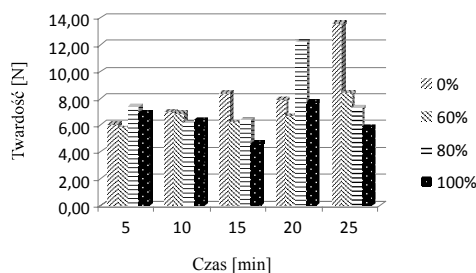
Wpływ ilości dodanej pary wodnej i czasu obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80 i 100°C na twardość i sprężystość ziarna kukurydzy cukrowej

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zmiany twardości kukurydzy cukrowej spowodowane obróbką cieplną w piecu konwekcyjno-parowym prowadzoną w zmiennych warunkach, tj. czasu i temperatury obróbki oraz ilości dodawanej pary wodnej. Zaobserwowano, że największe zmiany twardości zachodzą przy dodatku pary wodnej wynoszącym 60%, zarówno dla temperatury 80°C jak i 100°C. Wysoka temperatura obróbki (100°C) prowadzonej bez dodatku pary wodnej powoduje, iż twardość kukurydzy wzrasta aż do wartości 13,59 N. Wartość twardości gwałtownie spada wraz z dodatkiem pary wodnej (do 5,89 N dla 100% dodatku pary wodnej) w tej samej temperaturze. Podczas 25 minutowej obróbki cieplnej w temperaturze 100°C wraz ze wzrostem dodatku pary wodnej odnotowano gwałtowny spadek twardości surowca. Podczas 10 minutowej obróbki w temperaturze 80°C wraz z dodatkiem pary wodnej wzrastała twardość surowca od 5,76 N do 7,58 N. Zależność twardości od dodatku pary wodnej nie w każdym przypadku była jednoznaczna, stąd też w tabeli 4 zamieszczono równania regresji charakteryzujące się współczynnikiem determinacji $R^2 \geq 0,7$. Największe dopasowanie zmiennych doświadczalnych do równania regresji (0,97) wyliczono dla procesu prowadzonego przy 80% dodatku pary wodnej w

temperaturze 80°C (tab. 4). Choć wartość twardości kukurydzy cukrowej zależnie od czasu i temperatury obróbki wahała się od 4,08 N do 13,59 N, to i tak była ona znacząco niższa od twardości ziarniaków niepoddanych obróbce cieplnej (17,44 N). Nieznacznie wyższa była twardość kukurydzy konserwowej i wynosiła 19,28 N.



Źródło: obliczenia własne



Źródło: obliczenia własne

Rys. 1. Wpływ ilości dodanej pary wodnej i czasu obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80°C na twardość ziarna kukurydzy cukrowej

Fig. 1. Influence of the added steam and time on the hardness of the thermal treated sweetcorn in a convection-steam oven at temperature 80°C

Rys. 2. Wpływ ilości dodanej pary wodnej i czasu obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 100°C na twardość ziarna kukurydzy cukrowej

Fig. 2. Influence of the added steam and time on the hardness of the thermal treated sweetcorn in a convection-steam oven at temperature 100°C

Tabela 4. Równania regresji oraz współczynniki determinacji R^2 opisujące zmienność twardości (F_t) kukurydzy cukrowej obrabianej cieplnie w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80°C i 100°C w zależności od dodatku pary wodnej (d) dla poziomu istotności 0,05

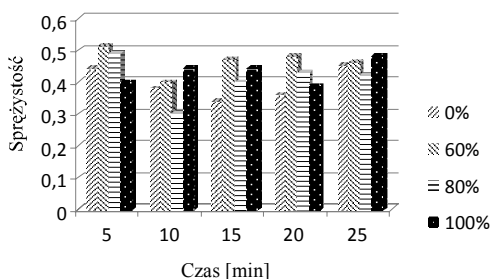
Table 4. Regression equations and determination coefficients R^2 describing variability of sweetcorn hardness after thermal treatment in a convection-steam oven at temperature 80°C and 100°C, depending on the added steam (d) for the level of significance of 0.05.

Dodatek pary wodnej [%]	Temperatura obróbki [°C]	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2
0	80	$F_t = -0,4186d^2 + 2,1654d + 3,988$	0,74
	100	$F_t = 0,56d^2 - 1,772d + 7,44$	0,74
80	80	$F_t = -0,3271d^2 + 1,6749d + 4,572$	0,97

Źródło: obliczenia własne

Z uzyskanych danych pomiarowych wynika, że największą sprężystością odznaczał się surowiec niepoddany obróbce cieplnej, wynosiła ona 0,63. Konserwowanie nieznacznie obniżyło poziom tej cechy do 0,55. Obróbka cieplna w piecu konwekcyjno-parowym była przyczyną statystycznie istotnych zmian sprężystości ziarna kukurydzy cukrowej. Największy wpływ na wartość sprężystości ziarna miała ilość dodawanej pary wodnej. Zaobser-

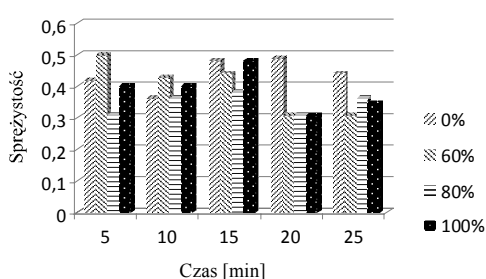
wowano, że wraz ze wzrostem temperatury i dodatku pary wodnej sprężystość surowca malała. Wartość tej cechy odnotowana po obróbce bez dodatku pary wodnej wahała się na poziomie od 0,34 do 0,49, a przy 100% dodatku pary wodnej wynosiła od 0,31 do 0,48. W tabeli 5 zamieszczono równania regresji charakteryzujące się współczynnikiem determinacji $R^2 \geq 0,8$. Największy współczynnik determinacji (0,97) odnotowano dla ziarna obrabianego bez dodatku pary wodnej w temperaturze 80°C (tab. 5).



Źródło: obliczenia własne

Rys. 3. Wpływ ilości dodanej pary wodnej i czasu obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80°C na sprężystość ziarna kukurydzy cukrowej

Fig. 3. Influence of the added steam and time of the thermal treatment in a convection-steam oven at temperature 80°C on the elasticity of sweetcorn grain.



Źródło: obliczenia własne

Rys. 4. Wpływ ilości dodanej pary wodnej i czasu obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 100°C na sprężystość ziarna kukurydzy cukrowej

Fig. 4. Influence of the added steam and time on the thermal treatment in a convection-steam oven at temperature 100°C on the elasticity of sweetcorn grain.

Tabela 5. Równania regresji oraz współczynniki determinacji R^2 opisujące zmienność sprężystości (F_s) kukurydzy cukrowej obrabianej cieplnie w piecu konwekcyjno-parowym w temperaturze 80°C i 100°C w zależności od dodatku pary wodnej (d) dla poziomu istotności 0,05

Table 5. Regression equations and determination coefficients R^2 describing changeability of corn elasticity after thermal treatment in convection-steam oven at temperature 80°C and 100°C, in dependence of added steam (d) for level of significance 0.05.

Dodatek pary wodnej [%]	Temperatura obróbki [°C]	Równanie regresji	Współczynnik determinacji R^2
0	80	$F_s = -0,0257d^2 - 0,1543d + 0,574$	0,97
60	100	$F_s = -0,05d + 0,548$	0,87

Źródło: obliczenia własne

Największą różnicę spadku twardości odnotowano przy zmianie parametrów obróbki z 5 minut i 60% dodatku pary wodnej na 10 minut i 80% dodatku pary wodnej. Spadek ten wyniósł 0,21.

Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 3 odnotowano, że sprężystość kukurydzy gotowanej spadała wraz z wydłużaniem tego procesu, od 0,58 po 5 minutach gotowania do 0,5 po 20 minutach gotowania. Wartości te są średnio o 0,1 wyższe od wartości odnotowanych po obróbce w piecu konwekcyjno-parowym dla temperatury 100°C i przy 100% dodatku pary wodnej.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników i ich analizy sformułowano następujące wnioski:

1. Zabiegi technologiczne są przyczyną zmian twardości i sprężystości ziarna kukurydzy cukrowej,
2. Gotowanie i obróbka cieplna w piecu konwekcyjno-parowym są przyczyną spadku twardości i sprężystości, zaś w wyniku konserwowania twardość rośnie a sprężystość maleje,
3. Największy wpływ na zmiany twardości i sprężystości ziarna kukurydzy cukrowej w trakcie obróbki cieplnej w piecu konwekcyjno-parowym wywiera czas oddziaływania ciepła oraz ilość dodawanej pary wodnej.

Bibliografia

- Balcerzak J., Legañska Z.** (2000): *Warzywnictwo*. Wyd. Hortpress. Warszawa, ISBN 8386384883.
- Berdowski J.B., Jarczyk A.** (1997): *Przetwórstwo owoców i warzyw*. Wyd. Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, ISBN 830206405X.
- Diakun J., Zawisza K.** (2006): Zużycie moralne pieców konwekcyjno-parowych. *Inżynieria Rolnicza*, 7(82), 83-89.
- Gawęcki J., Hryniewiecki L.** (2003): *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ISBN 8301139544.
- Radomski G., Zawisza K.** (2004): Porównanie cech jakościowych wybranych produktów poddanych obróbce termicznej tradycyjnej i wykorzystaniem pieca konwekcyjno-parowego. *Inżynieria Rolnicza*, 5(60), 291-298.
- Sandhu K. S., Singh N., Kaur M.** (2004): Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering*, 1(64), 119-127.
- Sandhu K. S., Singh N., Malhi N. S.** (2007): Some properties of corn grains and their flours I: physicochemical, functional and chapatti-making properties of flours. *Food Chemistry*, 3(101), 938-946.

MECHANICAL PROPERTIES OF THERMAL TREATED CORN GRAINS

Abstract. The paper presents the changes of textural properties of the selected sweetcorn grain after different technological treatments. The study compared the hardness and elasticity of fresh, cooked, thermal treated in a convection-steam oven and preserved corn grain. The results found that all applied treatments resulted in changes in the hardness and elasticity of sweetcorn grain. These changes depended on the processing parameters adopted in the research program.

Key words: corn, thermal treatment, convection-steam oven, grain

Adres do korespondencji:

Beata Ślaska-Grzywna, e-mail: beata.grzywna@up.lublin.pl
Katedra Biologicznych Podstaw Technologii Żywności i Pasz
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50a
20-280 Lublin