

ŚCISKANIE OBROBIONYCH TERMICZNIE GORĄCYCH NASION ŁUBINU

Dariusz Andrejko, Zbigniew Oszczak

Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę doboru funkcji odwzorowania matematycznego procesu ściskania obrobionych termicznie gorących próbek nasion łubinu przeznaczonych do śrutowania oraz płatkowania. Metoda została oparta na modelowaniu matematycznym funkcji jednostkowych sił zgniotu oraz jednostkowej energii w zależności od temperatury w komorze suszarni i czasu podgrzewania surowca. Metodę zilustrowano przykładem przygotowania i testowania próbek nasion łubinu poddanych procesowi podgrzewania w suszarce uniwersalnej SUP-4 oraz zgniatania gorących nasion na maszynie do badań wytrzymałościowych Instron 4302.

Słowa kluczowe: proces zgniatania, obróbka termiczna, odwzorowanie matematyczne

Wykaz oznaczeń

temperatura w komorze pieca t_p , °C
czas podgrzewania nasion τ , min
temperatura nasion t_z , °C
masa nasion m , g
siła ściskająca F , kN
wilgotność początkowa nasion w , %

indeksy dolne:

ściskanie nasion dla przemieszczenia głowicy pomiarowej o 3,0 mm, 3
wartości jednostkowe (podzielone przez masę ziarna), g
dotyczy wartości obliczeniowych, Obl
dotyczy wartości pomiarowych, pom
dotyczy wartości średnich, śr

Wprowadzenie

Obróbka termiczna w przetwórstwie spożywczym powinna być przeprowadzana w warunkach podwyższonej temperatury, zwiększonej lub obniżonej wilgotności, przy ograniczeniu do minimum czasu ogrzewania produktu, zwłaszcza jego przetrzymywania w temperaturze przekraczającej 100°C [Grochowicz 1996]. Zachowanie tych warunków ogranicza straty dotyczące witamin i białek. Najczęściej w trakcie obróbki termicznej cie-

pło przekazywane jest od nagrzanego czynnika (gorącego powietrza, wody, oleju, płyty grzejnej, itp.) do powierzchni materiału. Obróbka tego typu wywołuje szereg zmian we właściwościach żywieniowych, fizycznych i w składzie chemicznym surowców. Są one uzależnione z jednej strony od naturalnych cech surowców, z drugiej zaś od sposobu i warunków przeprowadzania zabiegu termicznego [Andrejko 2005].

Cel badań

Jednym z procesów technologicznych, jakim poddawany jest surowiec bezpośrednio po obróbce termicznej, jest płatkowanie. W wyniku tego procesu uzyskuje się gotowy do spożycia produkt w postaci łatwo przyswajalnych płatków. Surowiec poddawany płatkowaniu musi charakteryzować się obniżoną wytrzymałością na ściskanie. Stąd też, celem badań było opracowanie metody doboru parametrów obróbki termicznej (temperatury w komorze suszarni oraz czasów podgrzewania) dla procesu ściskania gorących nasion łubinu przeznaczonych do płatkowania. Metoda została oparta na odwzorowaniu matematycznym funkcji jednostkowych sił zgniotu F_{3g} w zależności od czasów podgrzewania (τ) oraz temperatury w komorze pieca (t_p). Jako kryterium oceny jakościowej procesu przyjęto minimalizację wartości jednostkowych sił ściskania F_{3g} .

Materiał i metody

Do badań zostały wykorzystane nasiona łubinu żółtego odmiany Piast pochodzące ze zbiorów w 2005 roku. Wilgotność nasion wynosiła $11,8 \pm 0,2\%$. Pomiar wilgotności przeprowadzono metodą suszarkową zgodnie z normą PN-91/A-74010. Przed badaniami ziarna łubinu zostały posortowane. Do badań została wybrana reprezentatywna frakcja, która pozostała na sitach o otworach okrągłych o średnicy $\varnothing 5$ mm (stanowiła ona około 80% masy populacji). Zmierzone oraz obliczone wartości średnie mas, grubości, szerokości i odchyłek standardowych dla badanych nasion były następujące

Badania zostały wykonane przy zastosowaniu:

- maszyny wytrzymałościowej INSTRON 4302 Seria IX,
- specjalnie zaprojektowanej przystawki do zmniejszenia spadku temperatury ziarn podczas pomiarów,
- pieca uniwersalnego SUP-4 o mocy 1200W z konwekcyjnym wymuszeniem ruchu powietrza,
- termometrów rtęciowych o zakresie pomiarowym 20-120°C oraz dokładności odczytu 0,05°C,
- wagi WPS 210C o dokładności pomiarowej $\pm 0,001$ g.

Przebieg badań

Pomiary siły ściskania F_{3g} zostały wykonane dla 8 powtórzeń dla następujących wartości zmiennych nastawczych:

- temperatura komory pieca (t_p): 50; 80; 110°C,
- czasów nagrzewania (τ): 1; 2; 3; 5; 10 i 15 min.

Ściskanie obrobionych termicznie...

Czasy podgrzewania oraz temperatury w komorze suszarki zostały dobrane tak aby maksymalna temperatura ziarna nie przekroczyła wartości 80°C. W celu zwiększenia powtarzalności (zmniejszenia rozrzutu) wartości pomiarowych do dalszej analizy zostały zastosowane jednostkowe wartości siły F_{3g} (wartości sił i energii podzielone przez masę badanego ziarna). Nasiona przeznaczone do badań, zostały poddane obróbce termicznej w piecu SUP-4. Gorące nasiona, po wyjęciu z pieca zostały poddane ścisnaniu w maszynie wytrzymałościowej Instron 4203. Pomiaru masy ziarn (m_z) zostały wykonane przy zastosowaniu wagi WPS 210C o dokładności pomiarowej $\pm 0,001$ g.

Wyniki badań

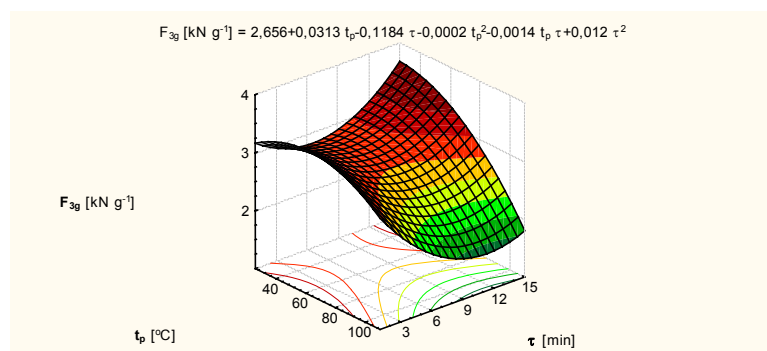
W tabeli 1 zostały zamieszczone uśrednione wartości wyników badań.

Tabela 1. Wartości średnie sił jednostkowych (F_{3g}) dla procesu zgniatania gorących nasion łubinu w zależności od temperatury pieca (t_p) i czasu podgrzewania nasion (τ).

Table 1. Average values of unit forces (F_{3g}) for the process of squeezing hot lupine seeds depending on the furnace temperature (t_p) and seeds heating time (δ).

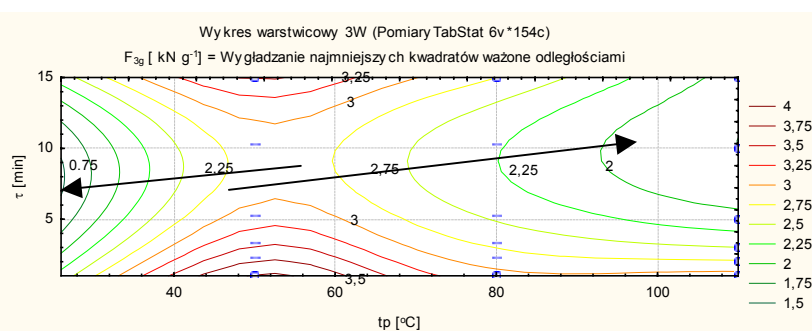
Lp	t_p [°C]	τ [min]	$F_{3g\text{sr}}$ [$\text{kN}\cdot\text{g}^{-1}$]
1	26	0	3,686
2	50	1	4,351
3	50	2	3,194
4	50	3	4,132
5	50	5	3,076
6	50	10	2,775
7	50	15	3,564
8	80	1	2,917
9	80	2	2,779
10	80	3	3,122
11	80	5	2,356
12	80	10	2,216
13	80	15	2,801
14	110	1	3,566
15	110	2	2,568
16	110	3	2,299

Z danych przedstawionych w tab. 1 oraz na rys. 1 i 2 wynika, że obróbka termiczna nasion łubinu żółtego odmiany Piast była przyczyną zmian wartości siły ściskającej. W zakresie temperatury (t_p) od 50 do 110°C i czasu obróbki (τ) od 6 do 10 min obserwowano spadek wartości siły ściskającej pojedyncze nasiona łubinu. Najmniejsze wartości siły ściskającej odnotowano dla $t_p = 110^\circ\text{C}$ i $\tau = 10$ min.



Rys. 1. Siła jednostkowa ściskania gorących nasion łubinu (F_{3g}) w zależności od temperatury (t_p) oraz czasu podgrzewania (τ)

Fig. 1. Unit force of squeezing hot lupine seeds (F_{3g}) depending on temperature (t_p) and heating time (τ)



Rys. 2. Siła jednostkowa (F_{3g}) ściskania gorących nasion łubinu w zależności od temperatury (t_p) oraz czasu podgrzewania (τ) - wykres warstwiczny

Fig. 2. Unit force of squeezing hot lupine seeds (F_{3g}) depending on temperature (t_p) and heating time (τ) - isoquant chart

Uzyskane zależności nie są charakterystyczne tylko dla jednego surowca, jakim były nasiona łubinu żółtego odmiany Piast. Na podstawie wyników wcześniej przeprowadzonych badań [Andrejko, Rydzak 2000; Andrejko, Grochowicz 2001; Andrejko 2005] stwierdzono, że wartości siły ściskającej, powodującej odkształcenie i pękanie nasion łubinu białego odmiany Wat, ziarniaków żyta odmiany Warko jak i nasion soi odmiany Polan ulegały zmniejszeniu po obróbce termicznej. Wartości tych sił uzależnione były od czasu i temperatury procesu ogrzewania. Wydłużenie czasu ogrzewania oraz wzrost wartości temperatury procesu powodowały spadek wartości mierzonych sił. W trakcie testów ściskania pojedynczych nasion soi, łubinu i ziarniaków żyta zaobserwowano znaczne różnice w wartościach sił ściskających. Największe wartości tych sił potrzebne były do destrukcji nasion łubinu białego [Andrejko, Rydzak 2000] najmniejsze zaś zanotowano w teście ściskania pojedynczych ziarniaków żyta [Andrejko, Grochowicz 2001].

Do podobnych wniosków doszli Fasina i in. [2001]. Po obróbce termicznej fasoli, grochu i soczewicy odnotowano spadek sił niszczących strukturę nasion, przy czym wartości te były różne dla poszczególnych surowców, choć obrabianych w takich samych warunkach. Ogólnie należy stwierdzić, że zakres zmian odporności nasion na ściskanie spowodowany termicznym oddziaływaniem uzależniony jest nie tylko od, czasu i temperatury obróbki, czyli czynników zewnętrznych, ale i od czynników wewnętrznych (gatunku badanego surowca).

Na podstawie uzyskanych wyników badań otrzymano następujące równanie dla F_{3g} w zależności od temperatury w komorze pieca (t_p) i czasu podgrzewania (τ):

$$F_{3g} = 2,658 + 0,0313 \cdot t_p - 0,1184 \cdot \tau - 0,0002 \cdot t_p^2 - 0,0014 \cdot t_p \cdot \tau + 0,012 \cdot \tau^2 \quad (1)$$

Równanie (1) umożliwia w zakresie przeprowadzonych badań, wyznaczenie zakresów parametrów t_p oraz τ dla uzyskania minimalnych wartości F_{3g} .

Do wyznaczenia zależności (1) zastosowano procedury linearyzowanej regresji nieliniowej oraz estymacji nieliniowej programu Statistica 6. Doboru funkcji przekształceń zmiennych dokonano na podstawie maksymalnych wartości współczynników korelacji cząstkowych pomiędzy kombinacjami oryginalnych zmiennych i ich dostępnymi w procedurze transformacjami.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań i obserwacji w trakcie ich trwania sformułowano następujące wnioski:

- obróbka termiczna nasion łubinu żółtego odmiany Piast jest przyczyną zmian wartości siły ściskającej,
- uzyskane równanie $F_{3g} = 2,658 + 0,0313 \cdot t_p - 0,1184 \cdot \tau - 0,0002 \cdot t_p^2 - 0,0014 \cdot t_p \cdot \tau + 0,012 \cdot \tau^2$ stanowi odwzorowanie matematycznego procesu ściskania obrobionych termicznie gorących nasion łubinu przeznaczonych do śrutowania oraz płatkowania,
- w zakresie temperatury t_p od 50 do 110°C i czasu obróbki τ od 6 do 10 min następuje spadek wartości siły ściskającej pojedyncze nasiona łubinu. Najmniejsze wartości siły ściskającej odnotowano dla $t_p = 110^\circ\text{C}$ i $\tau = 10$ min,
- otrzymane równanie (1) ma zastosowanie tylko dla opisanych w opracowaniu badań.

Bibliografia

- Andrejko D.** 2005. Zmiany Właściwości fizycznych nasion soi pod wpływem promieniowania podczerwonego. Rozprawy Naukowe AR w Lublinie, z. 288, ISSN 0860-4355.
- Andrejko D., Grochowicz J.** 2001. Zmiany wytrzymałości ziaren żyta spowodowane oddziaływaniem promieniowania podczerwonego. Probl. Inż. Roln. 2(32). s. 37-44.
- Andrejko D., Rydzak L.** 2000. Wpływ procesu mikronizacji na właściwości fizyczne nasion roślin strączkowych. Inż. Roln. 5(16). s. 9-14.
- Fasina O., Tyler B., Pickard M., Zheng G. H., Wang N.** 2001. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. Int. J. Food Sci. Technol. 36(1). s. 79-87.

- Grochowicz J.** 1996. Technologia produkcji mieszanek paszowych. PWRiL, Warszawa, ISBN 83-09-01656-5
- Hebda T., Frączek J.** 2005. Wpływ wybranych czynników na wartość wskaźnika odkształcenia nasienia. Inżynieria Rolnicza 11(71). s. 171-180.
- Świdorski F.** 1999. Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. Praca zbiorowa. WNT, Warszawa, ISBN 83-204-2456-9.

A COMPRESSION OF THERMALLY PROCESSED HOT LUPINE SEEDS

Summary. The paper presents a procedure of selecting a mathematical representation of the compression process of thermally processed hot samples of lupine seeds intended for grinding and flaking. The method was based on mathematical modeling of unit step functions of squeeze forces and unit energy depending on the temperature in the drying chamber and raw material heating time. The method was illustrated by example of preparation and testing of lupine seed samples put to heating in the universal drier SUP-4 and squeezing of hot seeds on the testing machine Instron 4302.

Key words: squeezing process, heat treatment, mathematical representation

Adres do korespondencji:

Dariusz Andrejko; e-mail: dariusz.andrejko@ar.lublin.pl
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Akademia Rolnicza w Lublinie
20-236 Lublin