

WPLYW WSTĘPNEJ OBRÓBKII PROMIENIOWANIEM PODCZERWONYM NA WILGOTNOŚĆ ZIARNA ŻYTA W TRAKCIE NAWILŻANIA

Dariusz Andrejko, Leszek Rydzak

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie: W pracy zaprezentowano wyniki badań nad zmianami wilgotności ziarna żyta nieogrzanego i ogrzanego promieniami podczerwonymi w trakcie procesu nawilżania. Ziarno żyta wstępnie ogrzewano promieniami podczerwonymi, a potem nawilżano w różnej temperaturze. Po procesie nawilżania mierzono wilgotność ziaren. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że ziarno wstępnie ogrzane promieniami podczerwonymi charakteryzowało się większą wilgotnością aniżeli ziarno niedogrzane. Do opisu zmian wilgotności ziarna żyta w trakcie nawilżania z powodzeniem może być wykorzystany model Pelega.

Słowa kluczowe: model Pelega, wilgotność ziarna

WSTĘP

Podstawowymi zadaniami obecnego etapu rozwoju przetwórstwa rolno-spożywczego są: intensyfikacja procesów technologicznych przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości produkcji oraz wprowadzenie nowoczesnych linii, wyposażonych w systemy automatycznego sterowania procesami. W tym programie wykorzystanie promieniowania podczerwonego do obróbki cieplnej surowców i produktów roślinnych jest szczególnie korzystne, a metoda ta ma perspektywy szerokiego zastosowania w przemyśle. Jest ona także używana do kontrolowania procesów technologicznych (np. do przyspieszonego określenia wilgotności materiałów), co może być wykorzystane przy produkcji artykułów spożywczych. Praktyczne wykorzystanie promieni podczerwonych w procesach cieplnej obróbki materiałów rolno-spożywczych znane jest od kilkudziesięciu lat zarówno za granicą, jak i w kraju. Dokonany w ostatnich latach szybki postęp metod cieplnej obróbki płodów rolnych przyczynił się do ponownego zainteresowania promieniami podczerwonymi jako źródłem taniej i efektywnej energii, przede wszystkim w procesach suszenia, wypieku, prażenia itp. Efektem cieplnego

Adres do korespondencji – Corresponding author: Dariusz Andrejko, Leszek Rydzak, Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin, tel. (+48) 81 461 00 61, e-mail: dariusz.andrejko@up.lublin.pl

oddziaływania są zmiany technologicznych właściwości surowców. Wynikają one przede wszystkim z modyfikacji struktury wewnętrznej surowców oraz zmian właściwości składników chemicznych w nich zawartych. Jednym z procesów, jakim poddawane jest ziarno zbóż, jest nawilżanie. Z technologicznego punktu widzenia należy dążyć do skrócenia czasu tego procesu. Według Cenkowskiego i Sosulskiego [1998], wstępna obróbka cieplna nasion promieniami podczerwonymi stosowana przed moczeniem może skrócić czas jego trwania. Badania nad tymi zagadnieniami były prowadzone dla różnych surowców, m.in. nasion soczewicy, grochu, soi, fasoli [Abdul-Kadir i in. 1990, Andrejko 2004, Arntfield i in. 1997, Cenkowski i Sosulski 1998]. Celem pracy jest ocena wpływu obróbki cieplnej promieniami podczerwonymi ziarna żyta na przebieg procesu nawilżania.

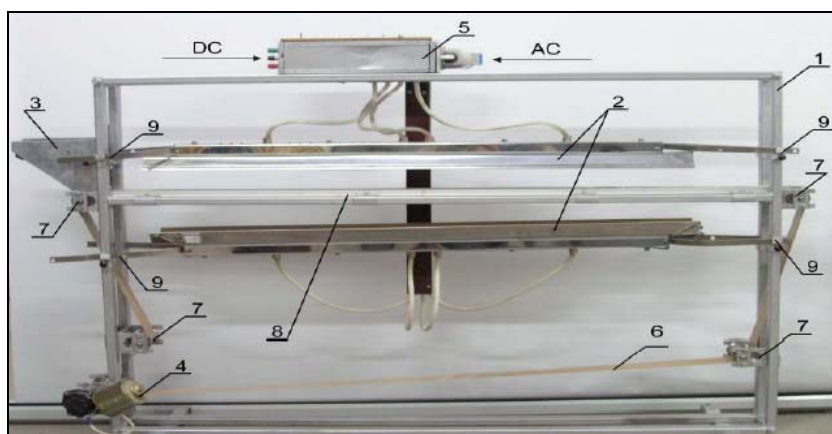
MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote. Ziarno o wilgotności ok. 9% pochodziło ze zbiorów w 2009 r.

Obróbkę cieplną promieniami podczerwonymi przeprowadzono w czasie 120 s i temperaturze 150°C przy użyciu urządzenia laboratoryjnego, którego schemat przedstawiono na rysunku 1,

Dane techniczne urządzenia:

- zasilanie – silnik prądu stałego,
- czas, w którym nasiona mogą być poddawane ogrzewaniu – 15–220 s,
- 2 głowice grzejne (w każdej po 4 promienniki ciemne, powierzchniowe o mocy 400 W).



Rys. 1. Laboratoryjne urządzenie do obróbki promieniami podczerwonymi ziarnistych surowców roślinnych; 1 – rama, 2 – promienniki podczerwieni, 3 – kosz zasypowy, 4 – silnik prądu stałego, 5 – moduł sterujący, 6 – taśma przenośnika, 7 – rolki, 8 – strefa ogrzewania, 9 – regulacja ustawienia głowic [Andrejko 2004]

Fig. 1. Laboratory stand for heating of granular raw materials by infrared radiation: 1 – frame, 2 – infrared radiators, 3 – feeding, 4 – DC engine, 5 – control equipment, 6 – band conveyor, 7 – rollers, 8 – heating zone, 9 – regulation of heating elements position [Andrejko 2004]

Nawilżanie przeprowadzono w łaźni wodnej LW 502 (rys. 2) odpowiednio przez 15, 30, 45, 60, 120, 180, 240, 300 i 360 min, w temperaturze 20, 30, 50 i 70°C. Po procesie nawilżania próbki o masie 50 g osuszono na bibule, a następnie wyznaczono ich wilgotność metodą suszarkową wg PN – ISO 712:2002.



Rys. 2. Łaźnia wodna LW 502
Fig. 2. Water bath LW 502

Proces pochłaniania wody w niektórych ziarniakach zbóż i nasionach strączkowych, tj. pszenicy, grochu, ryżu, został zbadany i opracowano kilka modeli opartych głównie na prawie dyfuzji Ficka [Becker 1960, Hsu 1983a, 1983b, Yi Zang i in. 1984]. Jednak prawa dyfuzji są złożone, a do ich opisu wymagane są liczne funkcje i parametry, tym samym stają się niewygodne do praktycznych obliczeń w większości przypadków. Stąd też Peleg [1988] zaproponował dwuparametryczne, niewykładnicze, empiryczne równanie do modelowania procesu pochłaniania wody w surowcach i produktach żywnościowych.

$$w(\tau) = w_o \pm \frac{\tau}{K_1 + K_2 \cdot \tau},$$

gdzie:

- $w(\tau)$ – wilgotność po czasie τ , %,
- w_o – wilgotność początkowa, %,
- K_1 – wartość stała, $h \cdot \%^{-1}$,
- K_2 – wartość stała, $\%^{-1}$.

W równaniu występuje „ \pm ”. Znak „+” używany jest do modelowania procesu pochłaniania wody, znak „-” zaś do modelowania procesu suszenia.

Główną cechą tego równania jest jego prostota w porównaniu do innych równań [Maskan 2002]. Wzór został pozytywnie zweryfikowany dla kilku gatunków zbóż i strączkowych [Abu-Ghannam i McKenna 1997, Hung i in. 1993, Peleg 1988, Sopade i Obekpa 1990, Sopade i in. 1992].

WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 zaprezentowano porównanie wartości wilgotności ziarna żyta nieogrzewanego i ogrzewanego promieniami podczerwonymi po procesie nawilżania. Zaobserwowano, że w większości przypadków ziarno żyta wstępnie ogrzane promieniami podczerwonymi charakteryzowało się wyższą wilgotnością w porównaniu do surowca nieogrzanego.

Tabela 1. Wilgotność ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote po nawilżaniu
Table 1. The moisture content of rye (var. Dankowskie Zlote) after the moistening process

τ, min.	Bez obróbki cieplnej Without heat treatment				Po obróbce cieplnej After heat treatment			
	20	30°C	50°C	70°C	20°C	30°C	50°C	70°C
15	14,95	18,41	21,04	28,32	15,12	17,73	22,97	28,67
30	16,23	20,52	24,88	33,60	15,14	20,00	27,22	33,87
45	17,40	22,73	27,23	38,26	17,77	22,34	31,18	38,19
60	18,30	23,96	29,16	40,02	18,51	24,20	32,63	40,37
120	20,82	28,44	35,51	46,99	20,96	28,92	38,65	48,43
180	23,31	31,95	39,27	51,02	23,52	32,44	41,73	53,42
240	25,62	34,95	42,29	55,39	25,08	35,73	44,26	56,38
300	27,14	34,79	43,86	57,76	27,16	37,35	45,55	59,83
360	27,98	37,49	45,70	60,75	28,61	38,65	47,32	62,12

Tabela 2. Parametry równania (modelu Pelega) opisującego zmiany wilgotności ziarna żyta odmiany Dańkowskie Złote dla czterech temperatur (20, 30, 50, 70°C)

Table 2. The parameters of Peleg model of moistened rye grain for four temperatures (20, 30, 50, 70°C)

Temperatura nawilżania Moistening temperature °C	Ziarna bez obróbki Grain without treatment		Ziarna po obróbce Grain after treatment	
	równanie	R ²	równanie	R ²
20	$W(\tau) = 8,87 + \frac{\tau}{3,20 + 0,05 \cdot \tau}$	0,97	$W(\tau) = 7,57 + \frac{\tau}{2,54 + 0,04 \cdot \tau}$	0,96
30	$W(\tau) = 8,87 + \frac{\tau}{1,75 + 0,03 \cdot \tau}$	0,98	$W(\tau) = 7,57 + \frac{\tau}{1,69 + 0,03 \cdot \tau}$	0,98
50	$W(\tau) = 8,87 + \frac{\tau}{1,26 + 0,02 \cdot \tau}$	0,98	$W(\tau) = 7,57 + \frac{\tau}{0,81 + 0,02 \cdot \tau}$	0,99
70	$W(\tau) = 8,87 + \frac{\tau}{0,69 + 0,02 \cdot \tau}$	0,97	$W(\tau) = 7,57 + \frac{\tau}{0,65 + 0,02 \cdot \tau}$	0,98

W tabeli 2 przedstawiono równania opisujące wilgotność ziarna żyta (nieogrzanego i ogrzanego) zależnie od czasu i temperatury nawilżania. Stała K_1 mówi o tempie transferu wody, tzn. im mniejszą wartość ma współczynnik K_1 , tym czas pochłaniania wody jest krótszy. Surowiec, który nie został poddany obróbce promieniami podczerwonymi przed procesem nawilżania, w zdecydowanej większości przypadków pochłaniał wodę wolniej niż surowiec poddany obróbce cieplnej, a co za tym idzie, wartość stałej K_1 była większa niż w przypadku ziaren obrobionych cieplnie. Stała K_1 została dokładnie zdefiniowana w wielu artykułach, jednak jeśli chodzi o znaczenie stałej K_2 , nie ma jedno-

znacznej opinii na ten temat. Po zbadaniu pochłaniania wody przez produkty na bazie pszenicy Maskan [2002] twierdzi, iż współczynnik K_2 odnosi się do maksymalnej zdolności pochłaniania wody (pojemności), tzn. kiedy stała K_2 ma mniejszą wartość, zwiększa się zdolność do pochłaniania wody przez ziarna. Na podstawie uzyskanych wyników badań i przeprowadzonej estymacji nieliniowej nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy wartościami współczynnika K_2 dla ziarna obrobionego i nieobrobionego cieplnie.

WNIOSKI

1. Do matematycznego opisu pochłaniania wody przez ziarno żyta o różnym stopniu przetworzenia z zadowalającą dokładnością może być wykorzystywany model Pelega.

2. Równania opisujące proces pochłaniania wody przez ziarna żyta wstępnie ogrzane promieniami podczerwonymi charakteryzują się niższymi wartościami stałej K_1 aniżeli równania opisujące nawilżanie ziarna nieogrzanego. Świadczy to o szybszym pochłanianiu wody przez ziarna ogrzane.

PIŚMIENNICTWO

- Abdul-Kadir R., Bargman T. J., Rupnow J. H., 1990. Effect of infrared heat processing on rehydration rate and cooking of *Phaseolus vulgaris* (var. Pinto). *J. Food Sci.* 55, 1472–1473.
- Abu-Ghannam N., McKenna B., 1997. The application of Peleg's equation to model water absorption during the soaking of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Food Eng.* 32(4), 391–401.
- Andrejko D. 2004. Zmiany właściwości fizycznych nasion soi pod wpływem promieniowania podczerwonego. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 288.
- Arntfield S. D., Scalon M. G., Malcolmson L. J., Watts B., Ryland D., Savoie V., 1997. Effect of tempering and end moisture content on the quality of micronized lentils. *Food Res. Int.* 30(5), 371–380.
- Becker H. A., 1960. On the absorption of liquid water by the wheat kernel. *Cereal Chem.* 37(3), 309.
- Cenkowski S., Sosulski F. W., 1998. Cooking characteristics of split peas treated with infrared heat. *Trans. ASAE* 41, 3, 715–720.
- Hsu K. H., 1983a. A diffusion model with a concentration – dependent diffusion coefficient for describing water movement in legumes during soaking. *J. Food Sci.* 48(2), 618–622, 645.
- Hsu K. H., 1983b. Effect of temperature on water diffusion in soybean. *J. Food Sci.* 48(4), 1364–1365.
- Hung T. V., Liu L. H., Black R. G., Trewhella M. A., 1993. Water absorption in chickpea (*C. arietinum*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using the Peleg model. *J. Food Sci.* 58(4), 848–852.
- Maskan M., 2002. Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety. *J. Food Eng.* 52, 337–341.
- Peleg M., 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *J. Food Sci.* 53(4), 1216–1217, 1219.

- Sopade P. A., Obekpa J. A., 1990. Modeling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *J. Food Sci.* 55(4), 1084–1087.
- Sopade P. A., Ajisegiri E. S., Badau M. H., 1992. The use of Peleg's equation to model water absorption in some cereal grains during soaking. *J. Food Eng.* 15(4), 269–283.
- Yi Zang T., Bakshi A. S., Gustafson R. J., Lund D. B., 1984. Finite element analysis of nonlinear water diffusion during rice soaking. *J. Food Sci.* 49(1), 246–250, 277.

THE INFLUENCE OF PREHEATING BY INFRARED RADIATION ON THE MOISTURE CONTENT OF RYE GRAINS DURING THE MOISTENING PROCESS

Abstract. Paper presents the results of studies on the moisture content in rye grains, not heated, and heated by infrared radiation, during the moistening process. The grains were preheated by infrared radiation and then they were moistened at different temperatures. The final moisture content was tested during the moistening process. Rye grains preheated by infrared radiation had higher moisture content than the unheated grains. The Peleg model is useful to describe the changes of moisture content during the moistening process.

Key words: Peleg model, moisture content of grain

Publikacja powstała w ramach projektu badawczego nr N N 312 162234

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 21.12.2009