

ODWZOROWANIE MATEMATYCZNE PROCESU OBRÓBKII TERMICZNEJ PROSA W PIECU KONWEKCYJNYM

Streszczenie

W pracy przedstawiono metodę doboru funkcji matematycznej umożliwiającej projektowanie przebiegu procesu obróbki cieplnej próbek ziarna lub nasion kierowanych do dalszych badań. Metoda umożliwia dobór obliczeniowy wymaganych wartości wilgotności oraz temperatur końcowych w zależności od czasu obróbki cieplnej oraz wilgotności początkowej. Zasady metody i procedurę wykonawczą zilustrowano przykładem przygotowania próbki 50g ziarna prosa poddanej obróbce cieplnej w suszarce uniwersalnej typu SUP-4 o mocy znamionowej 1200 W z konwekcyjnym wymuszeniem ruchu powietrza.

Słowa kluczowe: przygotowanie próbek nasion do badań, odwzorowanie matematyczne

Wykaz oznaczeń

t – czas obróbki cieplnej [min],

w_{pp} – wilgotność początkowa – pomiar metodą suszarkową [%], wg PN – 91/A -74010,

w_{kp} – wilgotność końcowa - pomiar metodą suszarkową [%],

w_{ko} – wilgotność końcowa – wartość obliczeniowa [%],

$DW_k = w_{ko} - w_{kp}$ – różnica pomiędzy wartościami wilgotności końcowych, obliczeniowej i pomiarowej [%],

T_{ko} – temperatura końcowa – wartość obliczeniowa [°C],

T_{kp} – temperatura końcowa – wartość pomiarowa [°C],

$DT_k = T_{ko} - T_{kp}$ – różnica pomiędzy wartościami temperatur końcowych, obliczeniowej i pomiarowej [°C].

Wstęp

Kontrola oraz procedury procesów przygotowania i przetwarzania ziarnistych surowców roślinnych wymaga wiedzy o ich właściwościach fizycznych [Grochowicz 1999, Panasiewicz 2001]. Jedną z podstawowych cech, która wymaga ustalenia określonego poziomu, uwarunkowanego wymaganiami technologicznymi oraz stałego monitoringu w trakcie operacji przygotowania i przerobu jest wilgotność surowca, półproduktu czy gotowego produktu [Grochowicz 1999, Peleg 1973, Obuchowski 1998, Pabis 1982].

W badaniach laboratoryjnych surowców ziarnistych pochodzenia biologicznego często zachodzi konieczność nadzorowania przebiegu procesów zwiększania wilgotności (wymuszone nawilżanie) lub jej obniżania (suszenie, podsuszanie) [Jurga 1997, Pabis 1965, Wiśniewski 1995, Pabis 1982].

Procedura i normy dotyczące zwiększania wilgotności surowców ziarnistych umożliwiają precyzyjne wyliczenie określonej ilości wody niezbędnej dla uzyskania wymaganych poziomów wilgotności.

Proces obniżenia wilgotności z uwzględnieniem temperatur oraz czasów jest procesem obróbki termicznej. Następuje on wiele trudności i wymaga projektowania jego przebiegu. Wynika to z konieczności precyzyjnego uzyskiwania wymaganych poziomów wilgotności w zakresach stosowanych temperatur i czasów obróbki termicznej, gdyż ma on zasadniczy wpływ na przebieg procesów przetwórczych oraz na ilość i jakość produkowanego wyrobu finalnego.[Panasiewicz 2001, Jurga 1997].

Cel pracy

Celem było opracowanie metody doboru odwzorowania matematycznego funkcji wilgotności i temperatur końcowych w zależności od czasów obróbki termicznej oraz wilgotności początkowych badanego surowca.

Przygotowanie próbek do badań

Do badań zastosowano ziarno prosa odmiany Gorczyckie ze zbiorów 2003 roku pochodzących z okolic powiatu lubartowskiego. Ziarno zastało wstępnie dowilżone do wilgotności początkowej w_{pp} (tab. 1). Próbki ziarna prosa o masie $m=50$ g. zostały umieszczone w pojemnikach o wymiarach 87x87x21 mm, wykonanych z siatki z drutów stalowych o średnicy $\varnothing=0,8$ mm oraz oczkach kwadratowych o wymiarach 1,8 mm.

Przebieg badań

Suszenie badanych próbek przeprowadzono w suszarce uniwersalnej typu SUP-4 o mocy znamionowej 1200 W z konwekcyjnym wymuszeniem ruchu powietrza. Temperatura powietrza podczas badań wynosiła 130°C.

Zastosowane pojemniki dla próbek ziarna, zostały dobrane do zastosowanej suszarki.

Próbki prosa do badań zostały wstępnie dowilżone do trzech poziomów wilgotności – 13%, 17%, 21% (w tab. 1- zamieszczono wartości zmierzone metodą suszarkową wg. PN -91/A-74010). Zakresy dla czasów suszenia dobrane metodą prób i błędów dla warunku uzyskania końcowych wilgotności w zakresie od 17% do 5% (tab.1)

Wyniki badań

Do doboru funkcji matematycznych odwzorowania procesów obróbki termicznej nasion prosa zastosowano procedury linearyzowanej regresji nieliniowej oraz estymacji nieliniowej programu Statistica 6.

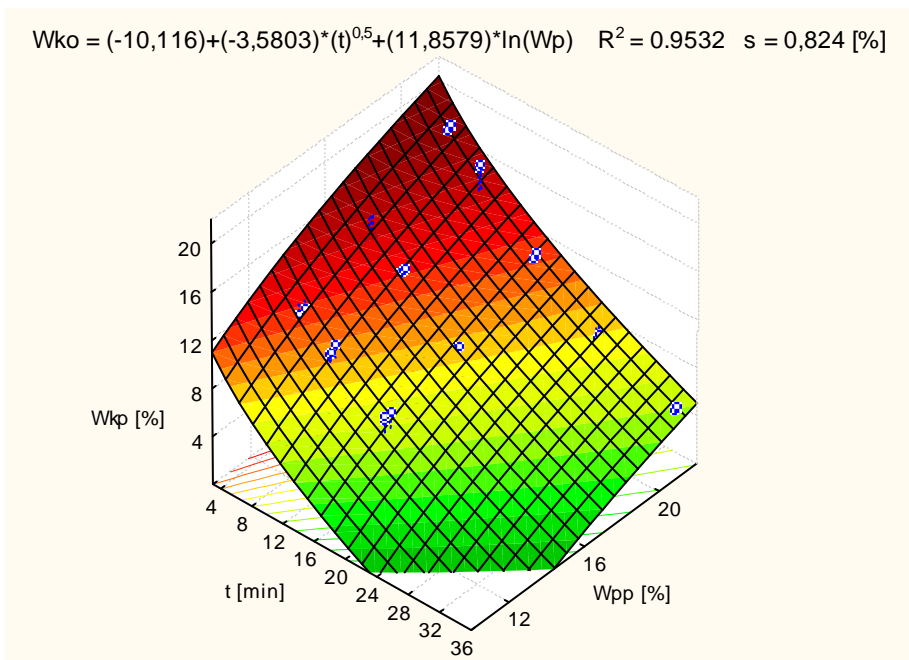
Na podstawie wartości pomiarowych przedstawionych w tabeli 1 oraz przy zastosowaniu procedury linearyzowanej regresji nieliniowej dokonano doboru funkcji przekształceń zmiennych. Doboru funkcji przekształceń zmiennych dokonano na podstawie maksymalnych wartości współczynników korelacji cząstkowych dla kombinacji dostępnych w procedurze zmiennych liniowych i ich transformacji nieliniowych.

Procedura estymacji nieliniowej zastała zastosowana do obliczeń wartości odchyłek standardowych estymacji (s), współczynników determinacji (R^2) oraz analizy rozrzutu.

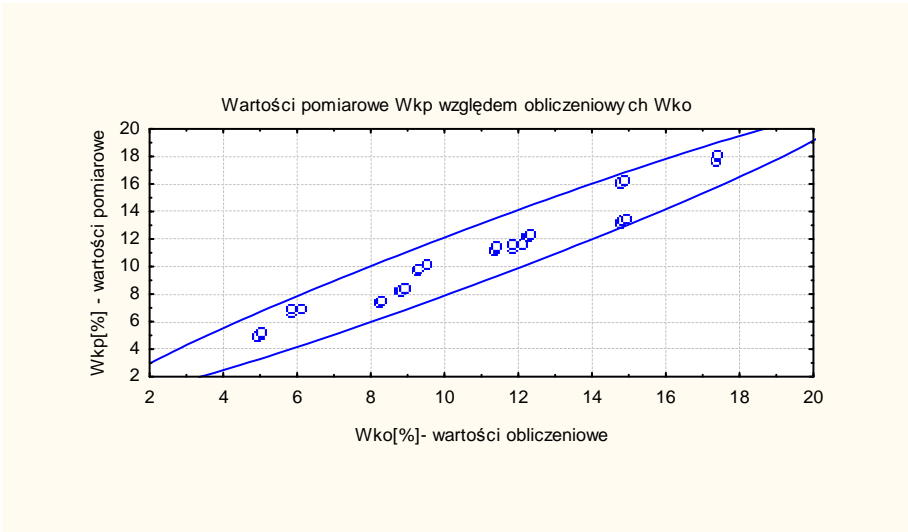
Tab. 1. Wilgotność oraz temperatura końcowa prosa w zależności od czasu podgrzewania oraz wilgotności początkowej

Table 1. Final moisture content and temperature of the millet seeds depending on heating duration and initial moisture content

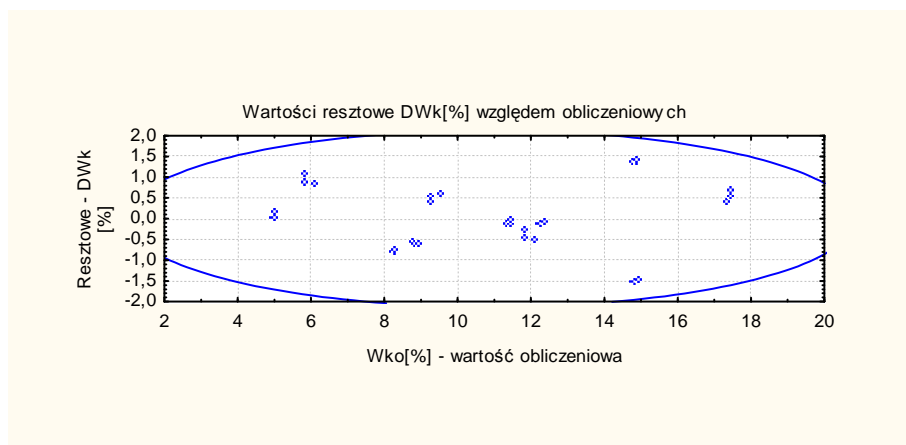
Czas [min]	W _{pp} [%]	W _{kp} [%]	W _{ko} [%]	DW _k [%]	T _{kp} [°C]	T _{ko} [°C]	DT _k [°C]
6	13,32	11,35	11,82	-0,47	56,70	60,11	-3,41
6	13,34	11,55	11,83	-0,28	57,00	60,10	-3,10
6	13,63	11,58	12,09	-0,51	57,40	59,86	-2,46
6	17,07	13,24	14,75	-1,51	55,70	57,08	-1,38
6	17,17	13,29	14,82	-1,53	56,00	57,00	-1,00
6	17,28	13,43	14,90	-1,47	55,80	56,91	-1,11
6	21,21	17,76	17,33	0,43	57,10	53,73	3,37
6	21,36	17,97	17,42	0,55	57,50	53,61	3,89
6	21,36	18,12	17,42	0,70	58,00	53,61	4,39
10	13,32	9,62	9,26	0,36	68,70	67,35	1,35
10	13,34	9,82	9,28	0,54	69,00	67,33	1,67
10	13,63	10,12	9,54	0,58	68,90	67,10	1,80
10	17,07	12,11	12,21	-0,10	63,00	64,31	-1,31
10	17,17	12,18	12,28	-0,10	62,50	64,23	-1,73
10	17,28	12,26	12,35	-0,09	62,10	64,14	-2,04
10	21,21	16,14	14,78	1,36	61,90	60,96	0,94
10	21,36	16,25	14,86	1,39	61,70	60,84	0,86
10	21,36	16,30	14,86	1,44	62,20	60,84	1,36
17	13,32	6,70	5,82	0,88	79,30	77,10	2,20
17	13,34	6,92	5,84	1,08	79,50	77,08	2,42
17	13,63	6,93	6,10	0,83	79,00	76,85	2,15
17	17,07	8,21	8,77	-0,56	75,40	74,06	1,34
17	17,17	8,22	8,84	-0,62	75,00	73,98	1,02
17	17,28	8,33	8,91	-0,58	75,20	73,89	1,31
17	21,21	11,21	11,34	-0,13	69,00	70,71	-1,71
17	21,36	11,31	11,43	-0,12	68,50	70,59	-2,09
17	21,36	11,42	11,43	-0,01	68,70	70,59	-1,89
25	21,21	7,40	8,20	-0,80	74,50	79,61	-5,11
25	21,36	7,47	8,28	-0,81	75,00	79,49	-4,49
25	21,36	7,56	8,28	-0,72	74,30	79,49	-5,19
35	21,21	4,96	4,92	0,04	91,50	88,91	2,59
35	21,36	5,01	5,00	0,01	91,00	88,79	2,21
35	21,36	5,19	5,00	0,19	92,00	88,79	3,21
DW_{kmax} = 1,44 %					DT_{kmax} = 4,39 °C		
DW_{kmin} = -1,53 %					DT_{kmin} = -5,19 °C		



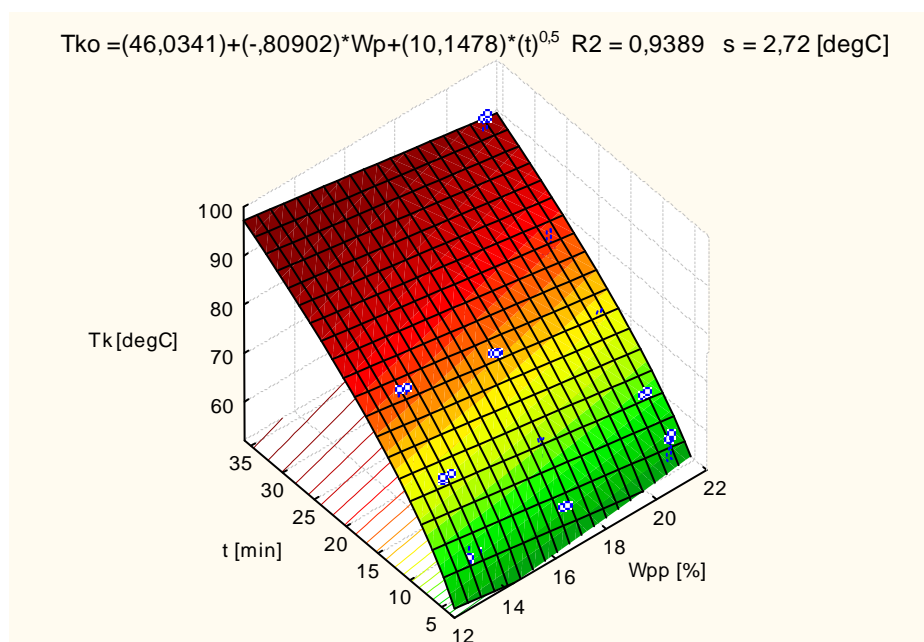
Rys. 1. Wilgotność końcowa w funkcji czasu obróbki cieplnej oraz wilgotności początkowej
 Fig. 1. Final moisture content in function of heat treatment time and initial moisture content



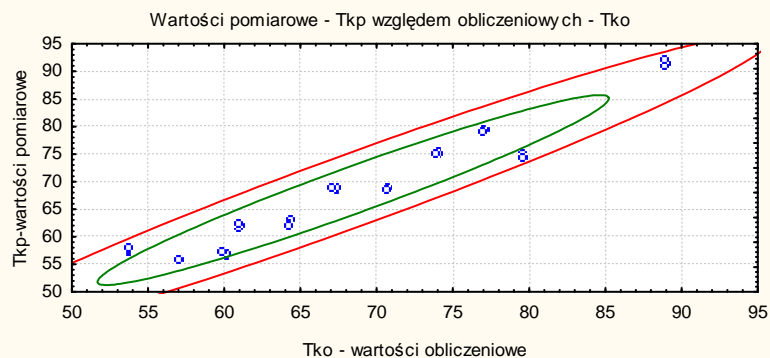
Rys. 2. Rozrzut wartości pomiarowych w_{kp} w funkcji wartości obliczeniowych w_{ko}
 Fig. 2. Dispersion of measured values W_{kp} in function of calculated values W_{ko}



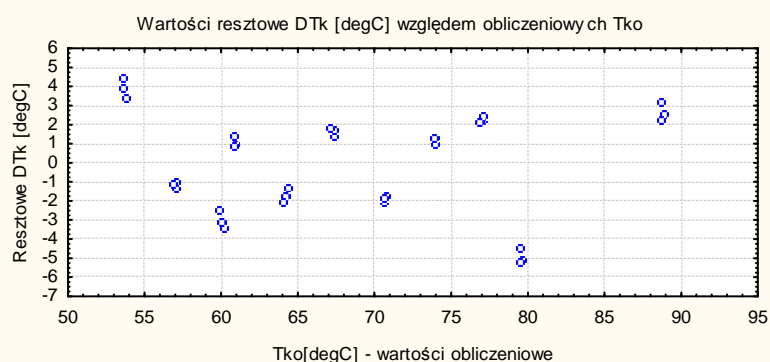
Rys. 3. Rozrzut wartości reszt Dw_k w funkcji wartości obliczeniowych w_{ko}
 Fig. 3. Dispersion of residuum values Dw_k in function of calculated values W_{ko}



Rys. 4. Temperatura końcowa w funkcji czasu obróbki cieplnej oraz wilgotności początkowej
 Fig. 4. Final temperature in function of heat treatment time and initial moisture content



Rys. 5. Rozrzutu wartości pomiarowych T_{kp} w funkcji wartości obliczeniowych T_{ko}
 Fig. 5. Dispersion of measured values T_{kp} in function of calculated values T_{ko}



Rys. 6. Wartości DT_k w funkcji wartości obliczeniowych T_{ko}
 Fig. 6. D_{wk} values in function of calculated values T_{ko}

Wnioski

1. Przedstawione funkcje dla wilgotności i temperatur końcowych w zależności od czasów obróbki termicznej oraz wilgotności początkowych badanego surowca (rys.1 oraz 4), stanowią ilustrację metody doboru odwzorowania i są słuszne tylko dla przedstawionej metody i zakresów badań.
2. Dla opracowanego odwzorowania, błędy standardowe estymacji wynoszą:
 - dla temperatur końcowych 2,72 [°C],
 - dla wilgotności końcowych 0,824[%].
3. Różnice pomiędzy wartościami obliczeniowymi i pomiarowymi wynoszą:
 - dla temperatur końcowych: od + 4,39 [°C] do - 5,19 [°C],
 - dla wilgotności końcowych: od + 1,44 [%] do - 1,53 [%].
4. Zastosowanie metody doboru odwzorowania umożliwia projektowanie procesów obróbki termicznej dla uzyskania wymaganych wartości wilgotności oraz temperatur końcowych próbek.

Piśmiennictwo

Grochowicz J.: Zastosowanie obróbki mechanicznej i termicznej w procesach uzdatniania i uszlachetniania nasion przeznaczonych na spożycie i pasze. *Przegląd Zbożowo Młynarski* 1, 22-24, 1999,

Jurga R.: *Przetwórstwo zbóż. Cz. 1 i 2.* Warszawa, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, 1997,

Obuchowski W.: Preparowane produkty zbożowe. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 4, 13, 1998,

Pabis S.: *Teoria konwekcyjnego suszenia produktów rolniczych.* PWRiL, W-wa 1982,

Pabis S.: *Suszenie płodów rolnych.* Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1965,

Panasiewicz M.: Właściwości fizyczne prosa w odniesieniu do jego wartości przetwórczej. *Acta Agrophysica*, 58, 137-143, 2001,

Peleg M., Mannheim C.H.: Effects of conditioners on the flow properties of powdered sucrose. *Powder Technol.*, 7, 45-50, 1973,

Wiśniewski S.: *Termodynamika techniczna.* WNT Warszawa, 1995.

MATHEMATICAL REPRESENTATION OF MILLET SEEDS' THERMAL PROCESSING IN CONVECTION – TYPE OVEN

Summary

Paper presented the method of selecting mathematical representation function that enables to design the thermal processing course for grain or seeds samples provided to further investigations. The method enables analytical selection of required final moisture contents and temperatures depending on heat treatment duration and initial moisture content. Methodological principles and operational procedures were illustrated on an example of preparing 50 g milled seeds' sample, subjected to thermal treatment in an universal drier SUP – 4 type of rated power 1200 W with convection forced air flow.

Key words: seeds samples, preparation to experiments, mathematical representation.

Recenzent – Henryk Komsta