

Adam Figiel, Marian Szarycz, Katarzyna Żygadło
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

REHYDRACJA I WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE MIĄSZU BURAKA ĆWIKŁOWEGO WYSUSZONEGO METODĄ MIKROFALOWĄ W WARUNKACH OBNIŻONEGO CIŚNIENIA

Streszczenie

Tkanka buraka ćwikłowego po wysuszeniu metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia poddana została rehydracji w wodzie o temperaturze 21°C. Proces rehydracji opisano przy użyciu funkcji wykładniczej. Wzrost mocy mikrofal spowodował pogorszenie rehydracji i zmniejszenie pracy ściskania potrzebnej do odkształcenia uwodnionej próbki o 3 mm. Zarówno pogorszenie rehydracji jak i zmniejszenie pracy ściskania uznane zostały jako wyróżniki negatywnych zmian strukturalnych zachodzących podczas suszenia wycinków tkanki buraka ćwikłowego metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia.

Słowa kluczowe: burak ćwikłowy, suszenie, mikrofałe, obniżone ciśnienie, rehydracja, wytrzymałość na ściskanie

Wykaz symboli

m	– masa próbki podczas rehydracji [g]
m_0	– masa początkowa wysuszonej próbki [g]
DM	– względny przyrost masy [-]
S	– szybkość rehydracji [min^{-1}]
t	– czas [s]
a, b	– parametry funkcji wykładniczej
L_3	– praca ściskania uwodnionych próbek na drodze 3 mm [mJ]
ZR	– zdolność rehydracji [-]
ZM	– zdolność utrzymania suchej masy [-]
ZA	– zdolność absorpcyjna [-]

Wprowadzenie

Jakość suszu zależy od zastosowanej metody odwadniania. Liofilizacja jest uważana za najlepszą metodę suszenia. Powszechnie stosowane metody suszenia zwykle obniżają jakość produktu. Suszenie mikrofalowe w warunkach obniżonego ciśnienia jest nową metodą utrwalania żywności, która odpowiednio zastosowana może zapewnić wysoką jakość produktu [Durance i Wang 2002]. Zastosowanie w suszeniu mikrofal powoduje nagrzewanie materiału od wewnątrz z czym związany jest inny niż w tradycyjnych metodach suszenia rozkład temperatury. Jednocześnie wewnątrz materiału następuje wzrost ciśnienia pary wodnej i szybkie uwalnianie jej na zewnątrz, gdzie panuje niższe ciśnienie [Szarycz 2001]. To zjawisko ograniczające tendencję materiału do kurczenia się w trakcie suszenia nazywane jest „puffingiem” [Lin i in. 1998]. Jakość wysuszonego produktu może być oceniana na podstawie zdolności do rehydracji i właściwości wytrzymałościowych wyznaczonych po jego wtórnym uwodnieniu.

Cel badań

Celem pracy było wyznaczenie kinetyki rehydracji i pracy ściskania potrzebnej do uzyskania określonego poziomu odkształcenia tkanki buraka ćwikłowego uwodnionej po wcześniejszym wysuszeniu metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia.

Metodyka badań

Z korzeni buraków ćwikłowych wycięto próbki sześciennie o boku 10 mm, które następnie poddano suszeniu w suszarce mikrofalowo-próżniowej VM-200 Plazmatronika przy ciśnieniu 4–6 kPa i mocy mikrofal: 240, 480 i 720 W. Rehydrację otrzymanego suszu wyznaczono na podstawie przyrostu masy próbek zanurzonych w wodzie destylowanej o temperaturze 21°C. Kolejne próbki wyjmowane były po upływie 15, 30, 60, 120, 180 oraz 300 minut i po odsączeniu nadmiaru wody na bibule ważone z dokładnością do 0,001g. Względny przyrost masy DM obliczono jako stosunek przyrostu masy próbki $m - m_0$ w trakcie uwadniania do jej masy początkowej m_0 :

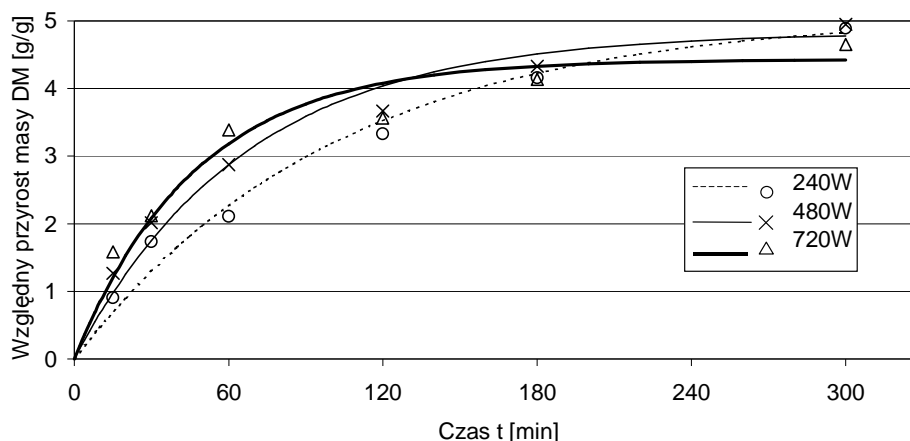
$$DM = \frac{m - m_0}{m_0} \quad (1)$$

Względny przyrost masy DM przedstawiono w funkcji czasu a pochodna tej funkcji odpowiadała szybkości rehydracji S . Uwodnione w ciągu trzech godzin próbki, różniące się w możliwie małym stopniu względnym przyrostem masy, poddano

testowi wytrzymałości na ściskanie przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5566. Na podstawie krzywych ściskania wyznaczono pracę potrzebną do odkształcenia próbki o 3 mm. Dodatkowo, w przypadku próbek uwodnionych w ciągu 300 min, zgodnie z propozycją Lewickiego [1998] wyznaczono zdolność rehydracji ZR będącą iloczynem zdolności utrzymania suchej masy ZM oraz zdolności absorpcyjnej ZA . Zdolność utrzymania suchej masy stanowiła iloraz suchej substancji pozostałej w próbce po rehydracji oraz suchej substancji zawartej w próbce przed rehydracją. Zdolność absorpcyjna była ilorazem masy wody zaabsorbowanej podczas rehydracji oraz masy wody usuniętej w trakcie suszenia. W celu stwierdzenia istotności różnic średnich wartości wyznaczonych parametrów rehydracji przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji w oparciu test Duncana na poziomie ufności 0,05 przy użyciu programu Statistica v.5.5.

Analiza wyników badań

Względny przyrost masy DM suszu buraków ćwikłowych w czasie t , przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Rehydracja tkanki buraka ćwikłowego wysuszonego metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia przy zastosowaniu mocy mikrofal 240, 480 i 720W

Fig. 1. Rehydration of vacuum – microwave dried red beet flash at the microwave power of 240, 480 and 720W

Do punktów pomiarowych uzyskanych podczas rehydracji dopasowano funkcję wykładniczą:

$$DM = a \cdot (1 - e^{-\frac{t}{b}}) \quad (2)$$

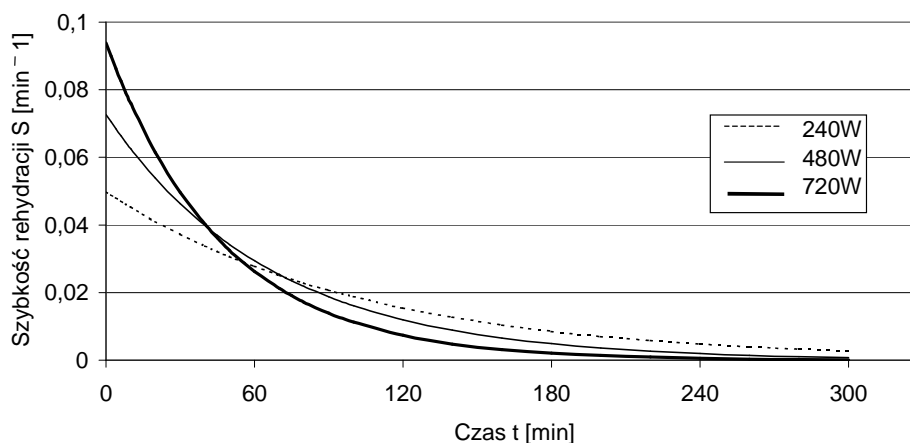
Parametry tej funkcji a i b oraz średnie wartości DM wyznaczone po upływie określonego czasu rehydracji zawarte zostały w tabeli 1. Wartość parametru b stanowiącego stałą czasową wskazywała na dynamikę procesu wchłaniania wody przez próbki poddane rehydracji. Parametr a odpowiadał asymptocie, do której dążyły wartości względnego przyrostu masy. Zwiększenie mocy mikrofal spowodowało zmniejszenie wartości obu parametrów a oraz b co sprzyjało większemu względnemu przyrostowi masy próbek w początkowej fazie rehydracji przy jednoczesnym ograniczeniu maksymalnej wartości tego przyrostu.

Tabela 1. Średnie wartości względnego przyrostu masy DM wyznaczone w określonym czasie rehydracji t oraz parametry a i b funkcji opisującej rehydrację suszu buraków ćwikłowych metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia przy zastosowaniu mocy mikrofal 240, 480 i 720 W. SD – odchylenie standardowe, R^2 – współczynnik determinacji

Table 1. Mean values of relative mass increase DM estimated in certain rehydration time and parameters a and b of function describing rehydration of vacuum – microwave dried red beet flash at the microwave power of 240, 480 and 720W. SD – standard deviation, R^2 – coefficient of determination

Moc [W]	Względny przyrost masy DM [g/g] w czasie t[min]												Parametry funkcji DM=f(t)		
	15	SD	30	SD	60	SD	120	SD	180	SD	300	SD	a	b	R^2
240	0,91	0,18	1,73	0,41	2,11	0,31	3,33	0,25	4,16	0,44	4,89	0,47	102	5,1	0,98
480	1,27	0,50	2,01	0,44	2,87	0,14	3,67	1,02	4,33	0,61	4,95	0,54	66,5	4,83	0,97
720	1,58	0,23	2,12	0,40	3,39	0,12	3,56	0,56	4,14	0,28	4,65	0,27	47,2	4,43	0,92

Próbki wysuszone przy zastosowaniu największej mocy wynoszącej 720W charakteryzowały się największą szybkością rehydracji S jeszcze w 40–tej minucie tego procesu ale już po upływie 75–ciu minut największą szybkość rehydracji wykazywały próbki wysuszone przy najmniejszej mocy wynoszącej 240 W (rys. 2). Duża początkowa wartość S mogła być wynikiem negatywnych zmian zachodzących w trakcie zbyt intensywnego oddziaływania mikrofal, polegających na rozrywaniu błon komórkowych i tworzeniu dużych przestworów, które stosunkowo łatwo wypełniała woda. Dalsze wnikanie wody do pozostałych obszarów mogło być utrudnione lokalnymi stwardnieniami redukującymi zdolność sorpcyjną.



Rys. 2. Szybkość rehydracji tkanki buraka ćwikłowego wysuszonego metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia przy zastosowaniu mocy mikrofal 240, 480 i 720W

Fig. 2. Rehydration rate of vacuum – microwave dried red beet flash at the microwave power of: 240, 480 and 720W

Niektórzy autorzy zmiany takie wiążą z denaturacją błon komórkowych w przypadku jabłek [Bilbao-Sainz i in. 2005] lub żelowaniem skrobi w przypadku ziemniaków [Khraisheh i in. 2004]. Mimo, że susz uzyskany przy zastosowaniu mocy mikrofal 720W charakteryzował się najwyższą zdolnością utrzymania suchej masy ZM to jednak zbyt mała zdolność absorpcyjna ZA decydowała o osiągnięciu najmniejszej wartości zdolności rehydracji ZR (tab. 2). W rezultacie przeprowadzenia testu analizy wariancji okazało się, że istotne różnice wartości średnich DM pojawiły się w 60 min testu rehydracji. Po tym czasie różnice te nie były już statystycznie istotne, podobnie jak pozostałe parametry tzn. ZM, ZA oraz ZR wyznaczone na końcu testu rehydracji. Negatywne zmiany spowodowane stosowaniem zbyt dużych mocy mikrofal potwierdzone zostały wynikami testu wytrzymałości na ściskanie uwodnionych próbek (tab. 2). Mianowicie wzrost mocy mikrofal powodował zmniejszenie pracy potrzebnej do odkształcenia próbek tkanki buraka na drodze 3 mm. Statystycznie istotne różnice między wyznaczonymi wartościami średnimi dotyczyły próbek wysuszonych przy użyciu skrajnych mocy mikrofal czyli 240 i 720 W.

Adam Figiel, Marian Szarycz, Katarzyna Żygadło

Tabela 2. Parametry rehydracji (ZM – zdolność utrzymania suchej masy, ZA – zdolność absorpcyjna i ZR – zdolność rehydracji) oraz praca ściskania L₃ uwodnionych próbek buraka ćwikłowego na drodze 3 mm SD – odchylenie standardowe

Table 2. Rehydration parameters (ZM – dry matter holding capacity, ZA – water absorption capacity and ZR – rehydration ability) and compressive work L₃ of rehydrated red beet samples at 3 mm deformation. SD – standard deviation

Moc [W]	Parametry rehydracji [-]						Praca ściskania	
	ZM	SD	ZA	SD	ZR	SD	L ₃	SD
240	0,3	0,074	0,865	0,073	0,259	0,02	22,08	6,27
480	0,292	0,018	0,875	0,084	0,255	0,025	17,01	5,92
720	0,306	0,007	0,827	0,041	0,253	0,017	14,76	5,5

Wnioski

1. Rehydrację tkanki buraka ćwikłowego wysuszonego metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia można opisać przy użyciu funkcji wykładniczej.
2. Wzrost mocy mikrofal powoduje pogorszenie rehydracji wysuszonego mięszu buraków ćwikłowych i zmniejszenie pracy potrzebnej do jego odkształcenia na drodze 3 mm po wtórnym uwodnieniu.
3. Pogorszenie rehydracji i zmniejszenie pracy ściskania uwodnionych próbek można traktować jako wyróżniki negatywnych zmian strukturalnych zachodzących podczas suszenia wycinków tkanki buraka ćwikłowego metodą mikrofalową w warunkach obniżonego ciśnienia.

Bibliografia

Bilbao-Sainz C., Andres A., Fito P. 2005. Hydration kinetics of dried apple as affected by drying conditions. *J. of Food Eng.* 68, s. 369-376.

Durance T.D., Wang J.H. 2002. Energy consumption, density, and rehydration rate of vacuum-microwave and hot-air convection-dehydrated tomatoes. *J. of Food Sc.* 67 (6), s. 2212-2216.

Khraisheh M.A.M., McMinn W.A.M., Magee T.R.A. 2004. Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. *Food Res. Inter.* 37, s. 497-503.

Lin T. M., Durance T. D., Scaman C. H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Res. Inter.* 31 (2), s. 111-117.

Lewicki P. 1998. Some remarks on rehydration of dried foods. *J. of Food Eng.* 36, s. 81-87.

Szarycz M. 2001. Matematyczne modelowanie mikrofalowo-konwekcyjnego suszenia surowców rolniczych na przykładzie jabłek. *Zesz. Nauk. AR we Wroc., Rozprawy CLXXXIII.* 420.

REHYDRATION AND COMPRESSIVE STRENGTH OF VACUUM – MICROWAVE DEHYDRATED RED BEET FLESH IN THE LOW PREASSURE CONDITIONS

Summary

Vacuum–microwave dried red beet flesh was subjected to rehydration in water at 21°C. The process of rehydration was described using exponential function. The increase in microwave power resulted in the decrease of rehydration and compressive work, which was necessary to deform rehydrated samples up to 3 mm. Lower rehydration and compressive work can be considered as the factors of negative structural changes occurring during vacuum–microwave dehydration.

Key words: red beet, drying, microwaves, vacuum, rehydration, compressive strength