

AGNIESZKA CIURZYŃSKA, ANDRZEJ LENART, PATRYCJA KAWKA

## WPLYW BLANSZOWANIA I SPOSOBU MROŻENIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI LIOFILIZOWANEJ DYNIA

### Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ blanszowania, jako obróbki wstępnej i sposobu mrożenia na wybrane właściwości fizyczne liofilizowanej dyni. Wykazano, że każdy rodzaj obróbki wstępnej wpływał korzystnie na barwę, ale powodował wzrost aktywności wody, skurczu i porowatości suszu z dyni w stosunku do próbek niepoddanych obróbce wstępnej. Zastosowanie szybkiego mrożenia ograniczyło skurcz i porowatość liofilizowanej dyni w stosunku do próbek mrożonych metodą wolną, ale wpłynęło znacząco na pogorszenie barwy suszu. Mrożenie łączone umożliwiło otrzymanie suszu o najniższej aktywności wody i najmniejszej różnicy barwy.

**Słowa kluczowe:** dynia, blanszowanie, odwadnianie osmotyczne, mrożenie, liofilizacja, skurcz, porowatość, barwa

### Wprowadzenie

Dynia jest warzywem bogatym w składniki odżywcze, dzięki czemu, jako składnik potraw, może być dopełnieniem zbilansowanej diety [9]. Ze względu na sezonowość upraw i nietrwałość surowca istotne jest przedłużanie jej trwałości. Suszenie sublimacyjne to powszechnie uznawana metoda pozwalająca w sposób najbardziej pełny zachować walory surowców świeżych [7]. Liofilizacja polega na usunięciu wody do zawartości 1 ÷ 3 % przez sublimację lodu powstałego w wyniku wcześniejszego zamrożenia surowca [4].

Prawie wszystkie warzywa mrożone przemysłowo wymagają wcześniejszego blanszowania. Celem tego zabiegu jest zachowanie naturalnej barwy suszu po liofilizacji, a także poprawa cech sensorycznych oraz rozluźnienie struktury tkankowej surowca. Blanszowanie warzyw może być prowadzone w gorącej wodzie, w parze lub mikrofalowo. Proces ten spowalnia reakcje enzymatyczne, które odpowiadają za dojrze-

---

*Dr inż. A. Ciurzyńska, prof. dr hab. A. Lenart, Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydz. Nauk o Żywności, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa*

wanie warzyw i mogą spowodować pogorszenie smaku, zapachu, barwy, tekstury i wartości odżywczej. Jeżeli warzywa nie są poddane blanszowaniu, enzymy wykazują aktywność podczas przechowywania w stanie zamrożonym i mogą powodować twardnienie surowca lub zmieniać cechy smakowo-zapachowe i barwę. Ponadto blanszowanie zmiękcza warzywa, dzięki czemu łatwiej je pakować, niszczy niektóre bakterie i pomaga usunąć zabrudzenia z powierzchni [1, 6].

Zależnie od szybkości mrożenia wstępnego, krystalizacja wody prowadzi do tworzenia różnej wielkości kryształów i w zależności od ich wielkości, różny jest stopień mechanicznego uszkodzenia struktury komórkowej materiału [13]. Jedną z wad suszu uzyskanego metodą liofilizacji jest jednak porowatość, która czyni go podatnym na penetrację tlenu atmosferycznego, co sprzyja reakcjom utleniania.

Celem pracy było określenie wpływu blanszowania jako obróbki wstępnej i sposobu mrożenia na wybrane właściwości fizyczne liofilizowanej dyni. Zakres pracy obejmował ocenę wpływu warunków blanszowania i mrożenia na wskaźniki jakościowe dyni suszonej sublimacyjnie.

### **Material i metody badań**

Próbki liofilizowanej dyni otrzymano zgodnie ze schematem blokowym zamieszczonym na rys. 1.

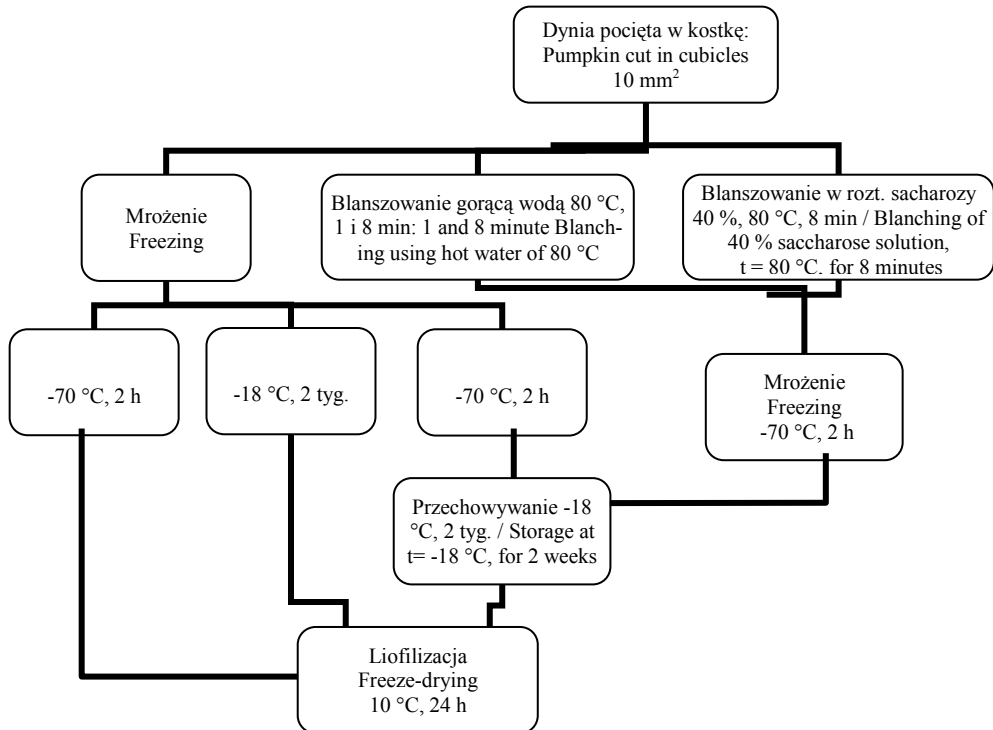
Surowiec stanowiły dynie odmiany 'Karowita', pochodzące z pól podwarszawskiej Lesznowoli, pokrojone w kostki sześciennie o boku 10 mm. Trzy próbki przeznaczone do procesu liofilizacji dodatkowo poddano blanszowaniu:

- w wodzie destylowanej w temp. 80 °C w stosunku masowym surowiec : woda równym 1 : 10. Czas: 1 i 8 min,
- w 40-procentowym roztworze sacharozy w temp. 80 °C, czas 8 min.

Tak przygotowany surowiec był zamrażany (-70 °C, 2 h) i przechowywany w zamrażarce w temp. -18 °C przez dwa tygodnie, do czasu suszenia.

W celu ustalenia najlepszej metody zamrażania surowiec przed procesem liofilizacji był mrożony trzema metodami (tab. 1):

- mrożenia szybkiego – w zamrażarce National Lab GmbH (ProfiMaster Personal Freezers PMU series) przy zastosowaniu niskiej temp. mrożenia (-70 °C) przez 2 h,
- mrożenia wolnego – w zwykłej zamrażarce w temp. -18 °C, z przechowywaniem prób przez 2 tygodnie,
- mrożenia łączonego – z zastosowaniem niskiej temp. mrożenia (-70 °C) przez 2 h i przechowywanie prób przez 2 tygodnie w zamrażarce w temp. -18 °C.



Rys. 1. Schemat blokowy przeprowadzonego procesu otrzymywania próbek liofilizowanej dyni.

Fig. 1. Block diagram of process performed to produce freeze-dried pumpkin samples.

Tabela 1

Oznaczenie próbek materiału badawczego.

Symbols to mark investigated material samples.

Oznaczenie próbki Symbols of sample	Obróbka wstępna Pre-treatment	Mrożenie Freezing	Przechowywanie Storage	Liofilizacja Freeze-drying
0	–	–	–	dynia surowa raw pumpkin
1	–	-70 °C, 2 h	-18 °C, 2 tyg. / weeks	10 °C, 24 h
2	1 min, 80 °C, H <sub>2</sub> O	-70 °C, 2 h	-18 °C, 2 tyg. / weeks	10 °C, 24 h
3	8 min, 80 °C, H <sub>2</sub> O	-70 °C, 2 h	-18 °C, 2 tyg. / weeks	10 °C, 24 h
4	8 min, 80 °C, 40 % roztwór sacharozy / sacchrose solution	-70 °C, 2 h	-18 °C, 2 tyg. / weeks	10 °C, 24 h
5	–	-70 °C, 2 h	–	10 °C, 24 h
6	–	–	-18 °C, 2 tyg. / weeks	10 °C, 24 h

Liofilizację prowadzono na półkach liofilizatora ALPHA1-4 LDC-1m firmy Christ przez 24 h przy stałym ciśnieniu równym 63 Pa oraz ciśnieniu bezpieczeństwa 103 Pa i temp. półek 10 °C. Następnie susze zamykano w szklanych naczyniach i przechowywano w temp.  $25 \pm 2$  °C, w zaciemnionym miejscu, do czasu wykonywania oznaczeń.

Kostki dyni liofilizowanej wykorzystywane do oznaczenia skurczu metodą objętościową zostały wcześniej poddane powlekanii 2-procentowym roztworem pektyny niskometylowanej. Przygotowano również 2-procentowy roztwór chlorku wapnia w wodzie destylowanej. Kostki dyni zanurzano kolejno w roztworze pektyny na 1 - 2 s, a następnie w roztworze  $\text{CaCl}_2$  i osuszano na sicie.

Do oznaczenia suchej masy [4] ważono po 2 kostki pokrojonego materiału badawczego na wadze analitycznej z dokładnością do 0,0001 g w naczynku wagowym, a następnie suszono przez 24 h w temp. około 65 °C w suszarce komorowej. Po tym czasie naczynka umieszczano w ekssykatorze na około 30 min i ponownie ważono. Oznaczenie wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Aktywność wody w próbkach przed procesem suszenia wyznaczano przy użyciu urządzenia AquaLab według instrukcji producenta aparatu. Pomiar wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Aktywność wody suszu mierzono w urządzeniu Rotronic Hygroscop DT według instrukcji producenta aparatu. Badanie wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Barwę mierzono przy użyciu spektrofotometru Chroma Meter CR-300 firmy Minolta, w świetle odbitym typu C, w układzie barw  $L^*a^*b^*$ , w 6 powtórzeniach. Dodatkowo obliczano bezwzględną różnicę barwy.

Oznaczenie skurczu wykonywano metodą toluenową (wypornościową) [5]. Na podstawie pomiarów objętości materiału określano skurcz, a dodatkowo pomiar masy próbek umożliwił obliczanie gęstości. Pomiar wykonywano w trzech powtórzeniach.

Porowatość suszu mierzono za pomocą piknometru helowego Stereopycnometr firmy Quantachrome zgodnie z instrukcją producenta (w trzech powtórzeniach).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statgraphics 4.1 Plus. Porównywano wartości średnie za pomocą testu t-Studenta i testu Duncana na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

## **Wyniki i dyskusja**

### *Wpływ obróbki wstępnej*

Wpływ obróbki wstępnej na właściwości liofilizowanej dyni określono na podstawie porównania próbek blanszowanych i liofilizowanych (2 i 3) oraz poddanych obróbce termicznej w roztworze sacharozy (4) z dynią niepoddaną obróbce wstępnej

(1), która była próbką kontrolną. Porównano także próbki przed liofilizacją (0) i po liofilizacji (1-4).

Po procesie liofilizacji (1-4) zawartość suchej substancji przekroczyła 95 % masy próbek i wzrosła statystycznie istotnie w stosunku do ilości w dyni surowej (0) (tab. 2).

Tabela 2

Zawartość suchej substancji w liofilizowanej dyni w zależności od obróbki wstępnej.  
Content of dry matter in freeze-dried pumpkin depending on pre-treatment.

Badany wskaźnik Investigated index	Próbka / Sample				
	0	1	2	3	4
Sucha substancja Dry mater [%]	13,35 ± 1,90	95,87 ± 0,32	95,41 ± 0,66	95,65 ± 0,27	96,05 ± 0,45
Grupy homogeniczne dla s.s. Homogenic groups for dry matter	a	b	b	b	b
$a_w$	0,983 ± 0,001	0,086 ± 0,001	0,151 ± 0,011	0,190 ± 0,005	0,195 ± 0,001
Grupy homogeniczne dla $a_w$ Homogenic groups for $a_w$	a	b	c	d	d

Objaśnienia / Explanatory notes:

Oznaczenie próbek materiału badawczego jak w tab. 1 / Symbols to mark investigated material samples as in Tab. 1;  $a_w$  – aktywność wody / water activity;

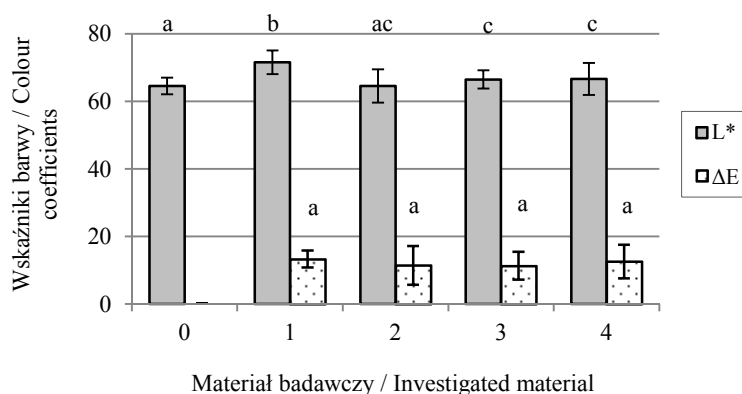
W tabeli podano wartości średnie ± odchylenie standardowe / In Table 2, there are given mean values means ± standard deviation; n = 2

Największą zawartością suchej substancji charakteryzowała się próbka odwadniana w 40-procentowym roztworze sacharozy przez 8 min (4). Podczas odwadniania cukier przenikał do kostek dyni. Przyczyniło się to do uzyskania większej zawartości suchej substancji [2]. Podobne wyniki uzyskali Pękosławska-Garstka i Lenart [11], odwadniając dynię w różnych roztworach cukrów. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała brak istotnego wpływu zastosowania obróbki wstępnej na zawartość suchej substancji w suszu ( $p > 0,05$ ). Piotrowski i wsp. [12] odnotowali również brak statystycznie istotnych różnic pod względem zawartości wody w truskawkach odwadnianych osmotycznie i niepoddanych obróbce wstępnej przed liofilizacją.

W wyniku suszenia, na skutek ubytku wody, aktywność wody istotnie statystycznie zmalała we wszystkich próbkach w stosunku do aktywności wody dyni surowej (0) (tab. 2). Najmniejszą aktywność wody stwierdzono w próbce niepoddanej obróbce wstępnej, mrożonej w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  i przechowywanej w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1). Kostki dyni blanszowanej pochłaniały wodę, co skutkowało znaczącym wzrostem aktywności wody po liofilizacji (2-4). Probki poddane wcześniejszemu procesowi odwadniania osmotycznego (4) charakteryzowały się największą aktywnością wody, wynikającą z więk-

szych sił wiązania wody. Podobne wyniki uzyskali Ciurzyńska i Lenart [5] oraz Piotrowski i wsp. [12], badając odwadnianie osmotyczne truskawek. Przyczyną wysokiej aktywności wody była wchłonięta przez próbki sacharoza, która na stałe wiązała się z wodą. Dochodziło do wzrostu zawartości wody związanej w materiale, którą trudniej jest usunąć z produktu w procesie suszenia [2].

Liofilizacja spowodowała statystycznie istotne pojaśnienie powierzchni próbek blanszowanych przez 8 min i odwadnianych osmotycznie przez 8 min (3-4) oraz niepoddanych obróbce wstępnej (6) (rys. 2) w stosunku do próbki dyni surowej (0). Podobne wartości współczynnika jasności liofilizowanej dyni uzyskali Nawirska i wsp. [8]. Największe zmiany jasności zaobserwowano w przypadku próbki niepoddanej obróbce wstępnej (1), w której nastąpił wzrost składowej barwy  $L^*$  o około 7 jednostek. Wyniki wskazują, że obróbka wstępna (2-4) wpłynęła na ograniczenie pojaśnienia suszu, ale różnice nie były statystycznie istotne w zależności od warunków prowadzenia procesu.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

Oznaczenie próbek materiału badawczego jak w tab. 1 / Symbols to mark investigated material samples as in Tab. 1;

Podano wartości średnie  $\pm$  odchylenie standardowe / There are given mean values  $\pm$  standard deviation.

a, b, c – te same litery w kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnych różnic na poziomie istotności  $p = 0,05$  / the same letters in columns denote no statistically significant differences at  $p = 0.05$ ).

Rys. 2. Wpływ obróbki wstępnej na współczynnik jasności  $L^*$  i bezwzględną różnicę barwy  $\Delta E$  liofilizowanej dyni.

Fig. 2. Effect of pre-treatment on lightness coefficient  $L^*$  and relative difference in colour  $\Delta E$  of freeze-dried pumpkin.

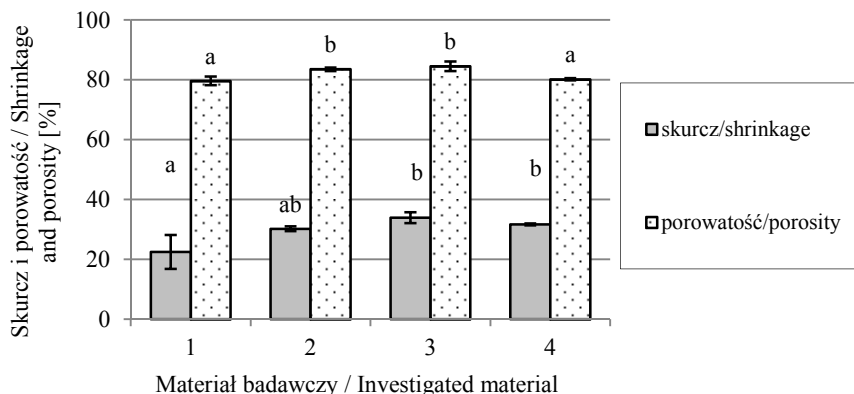
Ochronny wpływ sacharozy na barwę liofilizatów uzyskali także Ciurzyńska i Lenart [3], badając truskawki. Wykazali, że świeże truskawki, odwadnianie osmotycznie w roztworze sacharozowym, charakteryzowały się niższym współczynnikiem jasno-

ści powierzchni w porównaniu z owocami niepoddanymi obróbce wstępnej przed suszeniem sublimacyjnym.

Największe różnice barwy w stosunku do dyni surowej dotyczyły próbek niepoddanych żadnej obróbce wstępnej (1) (rys. 2). Zastosowanie blanszowania (2-3) i odwadniania osmotycznego (4) wpłynęło na lepsze zachowanie barwy. Najkorzystniejszą barwą cechowały się kostki blanszowane 1 i 8 min (2-3). Blanszowanie surowca przed procesem suszenia zmniejsza szybkość reakcji enzymatycznego brązowienia, co skutkuje lepszym zachowaniem barwy produktu [14].

Jednak analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu obróbki wstępnej na bezwzględną różnicę barwy ( $p > 0,05$ ). Żaden rodzaj przeprowadzonej obróbki wstępnej nie wpłynął istotnie na obniżenie bezwzględnej różnicy barwy liofilizatu.

Dynia suszona sublimacyjnie charakteryzuje się bardzo niskim skurczem niezależnie od odmiany [8]. Blanszowanie (2-3) i odwadnianie osmotyczne w roztworze sacharozy (4) miały wpływ na zwiększenie skurczu materiału podczas liofilizacji w stosunku do dyni niepoddanej obróbce wstępnej (1) (rys. 3). Wydłużenie czasu blanszowania do 8 min (3) wpłynęło na zwiększenie skurczu, co związane było z dalszym niszczeniem struktury wewnętrznej podczas tego procesu.



Objaśnienia jak pod rys. 2. / Explanatory notes as in Fig 2.

Rys. 3. Wpływ obróbki wstępnej na skurcz i porowatość liofilizowanej dyni.

Fig. 3. Effect of pre-treatment on shrinkage and porosity of freeze-dried pumpkin.

Próbki odwadniane osmotycznie (4) charakteryzowały się wynikiem pośrednim. Na skutek przenikania cukru z roztworu do kostek dyni dochodzi do stabilizacji struktury wewnętrznej materiału, zwiększenia grubości ścian komórkowych i zmniejszenia wielkości skurczu [5]. Wykazano statystycznie istotną różnicę wielkości skurczu suszy między próbkami niepoddanymi obróbce wstępnej (1) a blanszowanymi przez 8 min

(3) oraz odwadnianymi osmotycznie w roztworze sacharozy (4) ( $p < 0,05$ ). Nie stwierdzono znaczącego wpływu rodzaju obróbki wstępnej na badaną wielkość (rys. 3).

Wykazano, że blanszowanie (2-3) wpłynęło na statystycznie istotne zwiększenie porowatości liofilizowanej dyni w porównaniu z próbkami niepoddanymi obróbce wstępnej (1) (rys. 3). Natomiast w przypadku próbek odwadnianych osmotycznie w roztworze sacharozy (4) różnice nie były statystycznie istotne w stosunku do próbki nr 1. Prawdopodobnie związane to było ze zmianami struktury liofilizatów wstępnie odwadnianych w roztworze sacharozy, w których nastąpiło nasycenie ścian komórkowych cukrem i zmniejszenie wielkości porów [5].

#### *Wpływ sposobu mrożenia surowca*

Oceny wpływu sposobu mrożenia na właściwości liofilizowanej dyni dokonano na podstawie porównania próbek liofilizowanych mrożonych metodą szybką (5) oraz wolną (6) z suszoną sublimacyjnie dynią mrożoną sposobem łączonym (1), która była próbką kontrolną.

Po procesie liofilizacji wszystkie rodzaje suszonej dyni (1, 5, 6) zawierały powyżej 93 % suchej substancji (tab. 3). Wykazano, że metoda mrożenia miała statystycznie istotny wpływ na badany parametr. Największą zawartością suchej substancji charakteryzowała się próbka mrożona sposobem łączonym (1).

Zastosowanie mrożenia w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 h z przechowywaniem w  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 tygodnie (1) spowodowało wymrożenie największej ilości wody i uzyskanie najniższej aktywności wody (tab. 3). Największą aktywnością wody charakteryzowały się próbki poddane mrożeniu szybkemu (5) i wolnemu (6). Różnice były istotne w porównaniu z próbkami mrożonymi sposobem łączonym (1).

Tabela 3

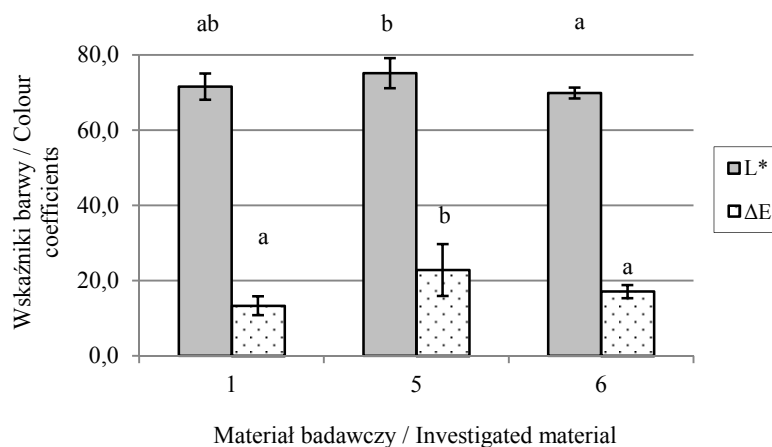
Zawartość suchej substancji i aktywność wody liofilizowanej dyni w zależności od sposobu mrożenia  
Content of dry matter and water activity of freeze-dried pumpkin depending on method of freezing.

Badany wskaźnik Investigated index	Próbka / Sample		
	1	5	6
Sucha substancja / Dry mater [%]	95,87 ± 0,32	94,81 ± 0,26	93,42 ± 0,12
Grupy homogeniczne dla zawartości s.s. Homogenic groups for dry matter	b	C	d
$a_w$	0,086 ± 0,001	0,136 ± 0,066	0,127 ± 0,009
Grupy homogeniczne dla $a_w$ Homogenic groups for $a_w$	b	C	c

Objaśnienia jak pod tab. 2 / Explanatory notes as in Tab. 2.



Wśród liofilizatów największy wzrost współczynnika jasności  $L^*$  stwierdzono w dyni mrożonej w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 h (5) (rys. 4). Zastosowanie mrożenia w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 tygodnie (6), jak i w połączeniu z mrożeniem w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 h (1) spowodowało zmniejszenie jasności o około 5 jednostek, ale tylko pomiędzy próbkami 5 i 6 różnice były statystycznie istotne. Również Paślawska i Pełka [10] wykazały wzrost współczynnika jasności truskawek poddanych liofilizacji w stosunku do owoców świeżych.



Objaśnienia jak pod rys. 2. / Explanatory notes as in Fig. 2.

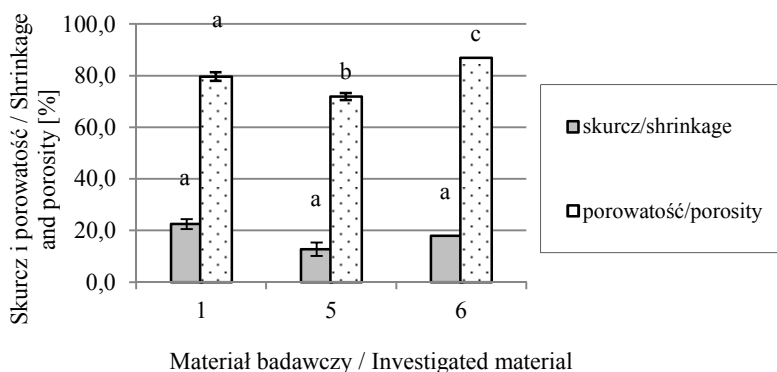
Rys. 4. Wpływ sposobu mrożenia na współczynnik jasności  $L^*$  i bezwzględną różnicę barwy  $\Delta E$  liofilizowanej dyni.

Fig. 4. Effect of method of freezing on lightness coefficient  $L^*$  and relative difference in colour  $\Delta E$  of freeze-dried pumpkin.

Zastosowanie mrożenia szybkiego w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 2 h (5) wpłynęło na uzyskanie największej zmiany barwy w stosunku do dyni surowej (0) (rys. 4). Najkorzystniejszym wynikiem cechowały się kostki zamrażane metodą łączoną (1) i wolną (6), pomiędzy którymi nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic. Jednak wyniki wszystkich próbek były wyższe od wartości  $\Delta E = 13$ , co świadczy o bardzo dużej zmianie barwy suszu w porównaniu z dynią surową (0). Wartość bezwzględnej różnicy barwy liofilizatu mrożonego metodą szybką (5) przed suszeniem, istotnie różniła się od wartości pozostałych prób.

Zastosowanie różnych sposobów mrożenia miało wpływ na skurcz materiału podczas liofilizacji (rys. 5). Próbki dyni poddane mrożeniu szybkiemu (5) cechowały się najmniejszym skurczem. Największy skurcz wystąpił w dyni mrożonej metodą łączoną (1). Wydłużenie czasu zamrażania do 2 tygodni spowodowało wystąpienie większego skurczu, ponieważ w temp.  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  w materiale powstawały większe kryształy lodu,

które niszczyły strukturę wewnętrzną. Próbkę mrożoną jedynie przez 2 h (5) w temp.  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  charakteryzowały się mniejszym skurczem, co wynikało z drobniejszych kryształów lodu powstałych w procesie mrożenia, które w mniejszym stopniu naruszyły strukturę tkankową materiału. Jednak nie wykazano statystycznie istotnego wpływu sposobu mrożenia na wielkość skurczu liofilizowanych kostek dyni ( $p > 0,05$ ).



Objaśnienia jak pod rys. 2. / Explanatory notes as in Fig. 2.

Rys. 5. Wpływ sposobu mrożenia na skurcz i porowatość liofilizowanej dyni.

Fig. 5. Effect of method of freezing on shrinkage and porosity of freeze-dried pumpkin.

Dynia mrożona sposobem wolnym (6) cechowała się największą porowatością materiału po procesie liofilizacji, natomiast dynia mrożona sposobem szybkim (5) – najmniejszą (rys. 5).

Wykazano statystycznie istotny wpływ sposobu mrożenia na porowatość liofilizowanych kostek dyni ( $p < 0,05$ ). Stwierdzono znaczące różnice porowatości między próbkami mrożonymi każdym ze sposobów.

## Wnioski

1. Właściwości liofilizowanej dyni zależą od rodzaju obróbki wstępnej. Liofilizat cechujący się najniższą aktywnością wody uzyskano z surowca niepoddanego obróbce wstępnej. Blanszowanie powodowało uzyskanie suszu o wyższej aktywności wody.
2. Obróbka wstępna korzystnie wpływa na jasność powierzchni liofilizowanej dyni. Najlepsze wskaźniki uzyskano w surowcu blanszowanym przed liofilizacją. Brak obróbki wstępnej surowca powoduje największe pojaśnienie suszu. Blanszowanie i odwadnianie osmotyczne wpływa negatywnie na skurcz suszu z dyni. Brak obróbki wstępnej spowodował uzyskanie liofilizatu o najmniejszym skurczu i porowatości.

3. Sposób mrożenia wpływa na aktywność wody i barwę liofilizowanej dyni. Mrożenie szybkie umożliwia uzyskanie liofilizatu o największej aktywności wody i jasności powierzchni. Jest to metoda najmniej korzystna dla barwy suszonej dyni. Mrożenie łączone i powolne powoduje natomiast najmniejsze rozjaśnienie próbki.
4. Mrożenie szybkie powoduje najmniejszy skurcz liofilizowanej dyni. Natomiast najwyższą porowatość uzyskują liofilizaty z dyni przy zastosowaniu mrożenia wolnego. Mrożenie łączone spowodowało wystąpienie największego skurczu suszu próbek. Wpłynęło także na otrzymanie produktu o mniejszej porowatości i aktywności wody.

### Literatura

- [1] Barbosa-Cánovas G.V., Altunakar B., Mejía-Lorío D.J.: Freezing of fruits and vegetables An agribusiness alternative for rural and semi-rural areas. *FAO Agric. Serv. Bull.*, 2005, **158**, 36.
- [2] Ciurzyńska A., Lenart A.: Wpływ zamrażania oraz odwadniania osmotycznego surowca w różnych roztworach na wybrane właściwości liofilizowanych truskawek. *Acta Agroph.*, 2009, **14 (3)**, 577-590.
- [3] Ciurzyńska A., Lenart A.: Colour changes of freeze-dried strawberries osmotically dehydrated before drying. *Food Technol. Operations new vistas*. Warszawa 2009, ss. 217-223.
- [4] Ciurzyńska A., Lenart A.: Rehydration and sorption properties of osmotically pretreated freeze-dried strawberries. *J. Food Eng.*, 2010, **97**, 267-274.
- [5] Ciurzyńska A., Lenart A.: Structural impact of osmotically pretreated freeze-dried strawberries on their mechanical properties. *Int. J. Food Prop.*, 2010, **13 (05)**, 1134-1149.
- [6] Goncalves E.M., Pinheiro J., Abreu M., Brandão T.R.S., Silva C.L.M.: Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) during blanching. *J. Food Eng.*, 2007, **81 (4)**, 693-701.
- [7] Krokida M.K., Philippopoulos C.: Volatility of apples during air and freeze drying. *J. Food Eng.* 2006, **73 (2)**, 135-141.
- [8] Nawirska A., Figiel A., Kucharska A.Z., Sokół-Lętowska A., Biesiada A.: Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *J. Food Eng.* 2009, **94**, 14-20.
- [9] Nawirska-Olszańska A., Kucharska A.Z., Sokół-Lętowska A., Biesiada A.: Ocena jakości dżemów z dyni wzbogaconych pigwowcem, dereniem i truskawkami. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2010, **1 (68)**, 40-48.
- [10] Paślawska M., Pełka A.: Właściwości rekonstrykcyjne i barwa suszu truskawkowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **1 (46) Supl.**, 93-99.
- [11] Pekosławska-Garstka A., Lenart A.: Wybrane właściwości fizyczne miąższu dyni odwadnianej osmotycznie w roztworach cukrów. *Acta Agrophysica*, 2010, **16 (2)**, 413-422.
- [12] Piotrowski D., Biront J., Lenart A.: Barwa i właściwości fizyczne odwadnianych osmotycznie i suszonych sublimacyjnie truskawek. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **4 (59)**, 216-226.
- [13] Sun W.: The cavitation-implosion hypothesis of freeze drying damage to biological materials. *Cryobiology*, 2008, **57**, 333.
- [14] Trajera J., Jaros M.: Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do oceny zmian jakości wybranych warzyw w procesie ich suszenia i przechowywania. *Wyd. SGGW*, Warszawa 2005, ss. 55-77.

**EFFECT OF BLANCHING AND METHOD OF FREEZING ON SELECTED  
PROPERTIES OF FREEZE-DRIED PUMPKIN**

S u m m a r y

In the paper, the effects are presented of blanching used as a pre-treatment method and of a method of freezing on some selected physical properties of freeze-dried pumpkin. It was shown that every type of pre-treatment favourably impacted the colour, but it caused the water activity, the shrinkage, and the porosity of dried pumpkin to increase compared to non-pre-treated samples. The application of quick freezing reduced the shrinkage and porosity of freeze-dried pumpkin compared to samples frozen using a slow method, but it caused the colour of dried material to essentially deteriorate. The combined method of freezing made it possible to produce dried pumpkins showing the lowest water activity and the lowest difference in colour.

**Key words:** pumpkin, blanching, osmotic dehydration, freezing, shrinkage, porosity, colour ☒