

WPŁYW TEMPERATURY LIOFILIZACJI I METOD SUSZENIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI SUSZONEJ DYNI

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart, Patrycja Kawka

Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji, Wydział Nauk o Żywności, SGGW
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: agnieszka_ciurzynska@sggw.pl

Streszczenie. Dynia jest warzywem bogatym w składniki odżywcze, przez co może być dopełnieniem zdrowej, zbilansowanej diety. Ze względu na sezonowość upraw i nietrwałość surowca istotne jest przedłużanie trwałości dyni. Za metodę utrwalania umożliwiającą uzyskanie produktu o bardzo dobrej jakości uważana jest liofilizacja. Na skutek usunięcia wody w niskiej temperaturze większość reakcji mikrobiologicznych ulega zatrzymaniu, co pozwala otrzymać produkt o wysokiej jakości. W pracy przedstawiono wpływ temperatury liofilizacji i metody suszenia na wybrane właściwości fizyczne suszonej dyni. Zamrożone kostki dyni poddawano liofilizacji przez 24 godziny przy stałym ciśnieniu równym 63 Pa oraz ciśnieniu bezpieczeństwa 103 Pa i temperaturze półek 10, 40 i 70°C. Wykonano także suszenie konwekcyjne (temperatura 50°C) i próżniowe (temperatura 50°C, ciśnienie 4 kPa). W otrzymanych suszach oznaczano: zawartość i aktywność wody, barwę, skurcz, porowatość, właściwości sorpcyjne. Wykazano, że temperatura liofilizacji nie wpływa znacząco na wskaźniki barwy i skurcz gotowego produktu. Liofilizacja w temperaturze 70°C umożliwia otrzymanie suszu o najniższej aktywności wody. Najwyższą porowatością cechowały się liofilizaty otrzymane przy zastosowaniu temperatury 10°C. Podwyższenie temperatury procesu liofilizacji powodowało wzrost właściwości sorpcyjnych suszonej dyni. Liofilizacja umożliwia otrzymanie suszu o najniższej aktywności wody i skurczu oraz największej porowatości. Suszenie próżniowe skutkowało najlepszym zachowaniem barwy gotowego produktu, ale większym skurczem. Suszenie konwekcyjne powoduje bardzo duży skurcz i obniżenie porowatości materiału i pogorszenie zdolności sorpcyjnych.

Słowa kluczowe: dynia, liofilizacja, suszenie konwekcyjne i próżniowe, sorpcja pary wodnej, skurcz, porowatość, barwa

WSTĘP

Owoce dyni są mało kaloryczne, gdyż zawierają do 90% wody, natomiast ich wartość odżywcza jest dość duża. Decyduje o niej głównie zawartość cukru, białka, tłuszczu, pektyny, kwasów organicznych (cytrynowego, jabłkowego, szcza-

wiowego), β -karotenu oraz witaminy: A, C, B₁, B₂, B₃, B₆. Dynia dostarcza również składników mineralnych – zwłaszcza potasu, wapnia, fosforu i magnezu (Gapiński 2003).

Owoce dyni zwyczajnej zbiera się w stanie niedojrzałym, stopniowo, w miarę osiągania właściwej długości i grubości, ale przed stwardnieniem skórki. Dojrzałe owoce można przechowywać przez 2-3 miesiące. Jednak ze względu na to, że takie owoce są mniej smaczne nie przechowuje się ich zbyt długo (Orłowski 2000).

Dynie są wykorzystywane do produkcji wielu przetworów, marynat, dżemów, sosów oraz żywności dla dzieci. Dynia olbrzymia jest jednym z ważniejszych komponentów odżywek dla dzieci. Ma właściwości regenerujące układ pokarmowy oraz wątrobę (Gliemmo i in. 2009). Dynia może być także utrwalana poprzez suszenie. Najczęściej stosowaną w przemyśle metodą jest suszenie konwekcyjne, które jednak niekorzystnie wpływa na jakość produktu finalnego. Podwyższona temperatura i długotrwałe napowietrzanie powodują niekorzystne zmiany suszonego surowca, takie jak utlenianie składników (witaminy C, barwników), utratę aromatu, zmianę smaku, denaturację białek błon komórkowych, a tym samym skurczenie się materiału. Ponadto, w wyniku „podpływania” soku komórkowego podczas suszenia ku powierzchni następuje przemieszczanie się substancji rozpuszczalnych i osadzanie się ich na powierzchni suszonego materiału. Powoduje to dodatkowy skurcz materiału i jego sztywność. Wskutek tych zmian zmniejsza się zdolność chłonięcia wody przez susz, tzw. zdolność rehydracji (Maskan 2001).

W metodzie próżniowej kontakt produktu z powietrzem jest ograniczony. Dzięki obniżeniu ciśnienia, skuteczne suszenie może być przeprowadzone w niskiej temperaturze, jednak wtedy skurcz jest stosunkowo wysoki, a konieczność stosowania próżni podnosi koszty procesu suszenia (Nawirska i in. 2009).

Wymagania konsumentów decydują o tym, że produkty o niewłaściwym smaku, barwie, złej konsystencji czy nienaturalnym zapachu, nie znajdują nabywcy. Jako najbardziej zachowawczy sposób suszenia owoców uważa się suszenie sublimacyjne, przede wszystkim ze względu na bardzo dobrą jakość uzyskiwanych produktów i możliwość długotrwałego ich przechowywania w temperaturze otoczenia (około 25°C), praktycznie bez utraty wartości odżywczych czy takich właściwości jak aromat, barwa i konsystencja (Ciurzyńska i Lenart 2010a).

MATERIAŁ I METODY

Surowiec stanowiły dynie odmiany „Karowita” pokrojone w kostki sześciennie o boku 10 mm, zamrażane w temperaturze (-70°C) przez 2 godziny i przechowywane w chłodziarce w temperaturze (-18°C) przez dwa tygodnie, do czasu suszenia.

Liofilizację prowadzono w liofilizatorze ALPHA1-4 LDC-1m firmy Christ z kontaktowym ogrzewaniem materiału, przez 24 godziny przy stałym ciśnieniu

równym 63 Pa oraz ciśnieniu bezpieczeństwa 103 Pa i temperaturze pólek wynoszącej: 10, 40 i 70°C.

Proces suszenia konwekcyjnego prowadzono w suszarce laboratoryjnej z wymuszonym przepływem powietrza w temperaturze 50°C, przy prędkości powietrza suszącego 1,5 m·s⁻¹ przez około 4 godziny. Suszenie próżniowe prowadzono w suszarce komorowej SPT 200 pod ciśnieniem 4 kPa, w temperaturze 50°C. Następnie susze zamykano w szczelnych, szklanych naczyniach i przechowywano w temperaturze pokojowej w zaciemnionym miejscu. Kostki dyni liofilizowanej wykorzystywane do oznaczenia skurczu metodą toluenową zostały wcześniej poddane powlekanii 2% roztworem pektyny.

W tabeli 1 zamieszczono symbole otrzymanych próbek suszonej dyni.

Tabela 1. Objasnienia symboli suszonej dyni

Table 1. Designations of dried pumpkin symbols

Symbol Symbol	Mrożenie Freezing	Przechowywanie Storage	Suszenie – Drying
0	–	–	–
1	–70°C, 2 h	–18°C, 2 tyg. – week	Liofilizacja – freeze-drying (10°C)
2	–70°C, 2 h	–18°C, 2 tyg. – week	Liofilizacja – freeze-drying (40°C)
3	–70°C, 2 h	–18°C, 2 tyg. – week	Liofilizacja – freeze-drying (70°C)
4	–70°C, 2 h	–18°C, 2 tyg. – week	Suszenie konwekcyjne Convective-drying (50°C)
5	–70°C, 2 h	–18°C, 2 tyg. – week	Suszenie próżniowe Vacuum-drying (50°C)

Oznaczanie zawartości wody

Do naczynka wagowego wkładane były 2 kostki pokrojonego materiału badawczego i ważone na wadze analitycznej z dokładnością do 0,0001g. Suszenie prowadzono przez 24 godziny w temperaturze 65°C w suszarce komorowej. Po tym czasie naczynka umieszczano w ekzykatorze na około 30 minut w celu ostudzenia i ponownie ważono. Oznaczenie wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Oznaczenie aktywności wody

Aktywność wody próbek przed procesem suszenia została wyznaczona przy użyciu urządzenia AquaLab, według instrukcji producenta aparatu. Pomiar został wykonany w dwóch powtórzeniach dla każdej próbki.

Aktywność wody suszu została zmierzona w urządzeniu Rotronic Hygroscop DT, według instrukcji producenta aparatu. Próbkę do badań stanowiły 2-3 kostki suszu pokrojone w plasterki. Badanie zostało wykonane w dwóch powtórzeniach.

Oznaczenie barwy

Barwa została wyznaczona przy użyciu urządzenia Chroma Meter CR-300 firmy Minolta w świetle odbitym typu C, w układzie barwy $L^*a^*b^*$. Obliczono współczynnik nasycenia barwy. Oznaczenia wykonano w 6 powtórzeniach.

Oznaczenie skurczu (Ciurzyńska i Lenart 2010b)

Oznaczenie skurczu zostało wykonane metodą wypornościową. W przypadku kostek dyni liofilizowanej zastosowano powlekanie powłokami, w celu uniknięcia zafalszowania wyniku obliczonego skurczu.

Oznaczenie porowatości

Porowatość suszu zmierzona została za pomocą piknometru helowego Stereopycnometr firmy Quantachrome. Do dużej celki pomiarowej o znanej objętości wprowadzono materiał badawczy o znanej masie i o niewiadomej objętości. Następnie umieszczono ją w aparacie. Przepływający przez próbkę hel wypełniał wszystkie szczeliny i pory między kostkami surowca, co umożliwiło pomiar objętości badanej próbki. Każda próbka była trzykrotnie przemywana gazem.

Wyznaczanie kinetyki adsorpcji pary wodnej (Ciurzyńska i in. 2012)

W celu wyznaczenia kinetyki adsorpcji pary wodnej próbki umieszczano w eksykatorach o aktywności wody 0,328, 0,648 i 0,920 i ważono po czasie 1, 2, 4, 6, 8 i 12 tygodniach od włożenia do eksykatorów. Dla każdej próbki obliczano zawartość wody.

Metody statystyczne

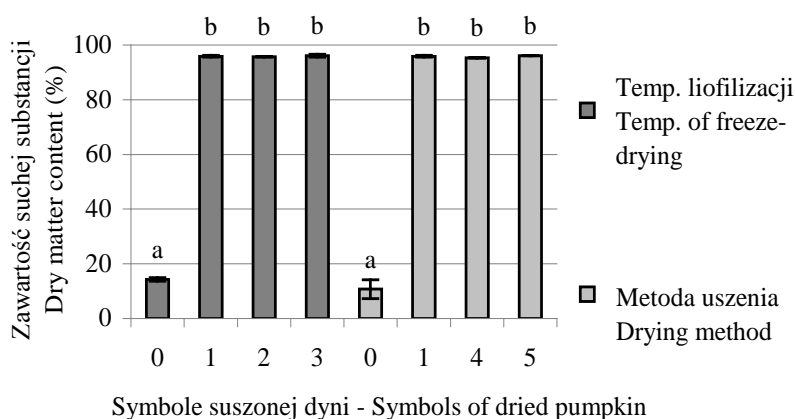
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując program Statgraphics 4.1 Plus. Do analizy wykorzystano porównanie średnich przy pomocy testu t-Studenta i Duncana na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość suchej substancji

Analizę wpływu temperatury liofilizacji i metody suszenia na zawartość suchej substancji przeprowadzono porównując średnie zawartości suchej substancji (rys. 1). Po procesie liofilizacji zawartość suchej substancji przekraczała 90% masy próbek (1-3). Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała brak istotnego wpływu temperatury liofilizacji na zawartość suchej substancji w suszu ($p < 0,05$).

Nie wykazano również znaczącego wpływu metody suszenia na badaną wielkość (1, 3, 4).



Rys. 1. Zawartość suchej substancji w suszonej dyni w zależności od temperatury liofilizacji i metody suszenia (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (ab) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05). Symbole suszonej dyni – Tabela 1

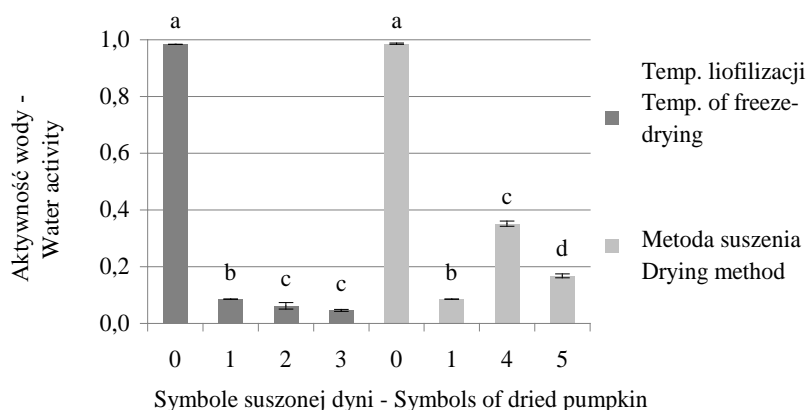
Fig. 1. Dry matter content of dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature and drying method (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significance level 0.05) indicated by the same letters (ab). Symbols of dried pumpkin – Table 1

Aktywność wody

W wyniku procesu liofilizacji aktywność wody suszonej dyni znacząco zmalała we wszystkich próbkach (1-3), w porównaniu do dyni surowej (0) (rys. 2). Najmniejszą wartością aktywności wody charakteryzowała się próbka liofilizowana w temperaturze 70°C (3). Zwiększanie temperatury procesu liofilizacji powodowało usunięcie większej ilości wody z materiału, efektem czego było obniżenie aktywności wody otrzymanego suszu.

Analiza statystyczna wykazała, że aktywność wody dyni liofilizowanej w temperaturze 10°C (1) różni się istotnie statystycznie od aktywności wody dla suszy liofilizowanych przy temperaturze półek grzejnych liofilizatora 40°C (2) i 70°C (3) ($p < 0,05$). Nie odnotowano istotnej różnicy między wartościami aktywności wody dla liofilizacji w temperaturze 40 i 70°C (rys. 2).

Analiza wpływu metody suszenia na aktywność wody wykazała, że w wyniku procesu suszenia, na skutek ubytku wody, aktywność wody znacząco zmalała we wszystkich próbkach (rys. 2). Najmniejszą wartością aktywności wody charakteryzowała się próbka poddana procesowi liofilizacji (1). Susz otrzymany metodą konwekcyjną (4) odznaczał się najwyższą wartością badanego wskaźnika, co spowodowane jest usunięciem mniejszej ilości wody. Materiał w wyniku suszenia konwekcyjnego szybko pokrył się twardą powłoką, która uniemożliwiała całkowite usunięcie wody. Próbki otrzymane w wyniku suszenia próżniowego (5) cechowały się pośrednią wartością aktywności wody. Suszenie pod obniżonym ciśnieniem pozwoliło wyeliminować wady suszenia konwekcyjnego. Wszystkie różnice były istotne statystycznie.



Rys. 2. Aktywność wody suszonej dyni w zależności od temperatury liofilizacji i metody suszenia (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (abcd) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05). Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 2. Water activity of dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature and drying method (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significance level 0.05) indicated by the same letters (abcd). Symbols of dried pumpkin – Table 1

Nasylenie barwy SI

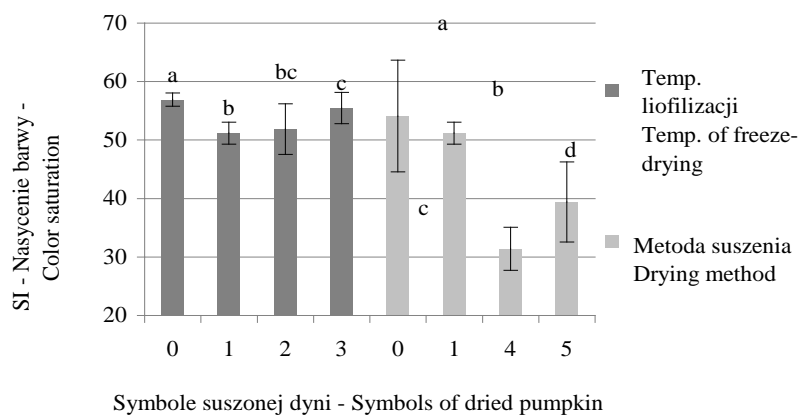
Nasylenie barwy SI próbek po liofilizacji zwiększało się wraz ze wzrostem temperatury procesu suszenia (1-3) (rys. 3). Spowodowane to było tendencją rosną-

cą wartości współrzędnej b^* dla tych próbek. Tylko pomiędzy liofilizatami uzyskanymi w temperaturze 10°C (1) i 70°C (3) różnice były istotne statystycznie ($p < 0,05$).

Analiza wpływu metody suszenia wykazała, że liofilizacja w największym stopniu wzmacnia barwę dyni. Próbki suszone sublimacyjnie (1) uzyskały najwyższą wartość nasycenia barwy (rys. 3). Najniższą wartością nasycenia barwy charakteryzowały się próbki po procesie suszenia konwekcyjnego (4), co spowodowane było dużym spadkiem wartości współrzędnej b^* dla tych próbek. Wykazano statystycznie istotną różnicę między próbkami suszonymi każdym ze sposobów.

Natomiast Nawirska i in. (2009) wykazali, że liofilizacja i suszenie konwekcyjne pozwala otrzymać suszoną dynię o zbliżonym najwyższym poziomie nasycenia barwy mieszczącym się w granicach 45-46 jednostek, natomiast susz próżniowy uzyskał współczynnik SI niższy o około 10 jednostek. Zastosowanie wyższej temperatury suszenia prawdopodobnie wpłynęło na różnice w wynikach badań.

Zróznicowanie barwy na skutek zastosowania różnych metod suszenia potwierdza także Alibas (2007), który suszył dynię metodą mikrofalową, konwekcyjną i konwekcyjno-mikrofalową. Wykazał, że barwa dyni suszonej konwekcyjnie jest najbardziej niekorzystna, ponieważ suszenie wtedy trwa najdłużej w porównaniu do innych sposobów.



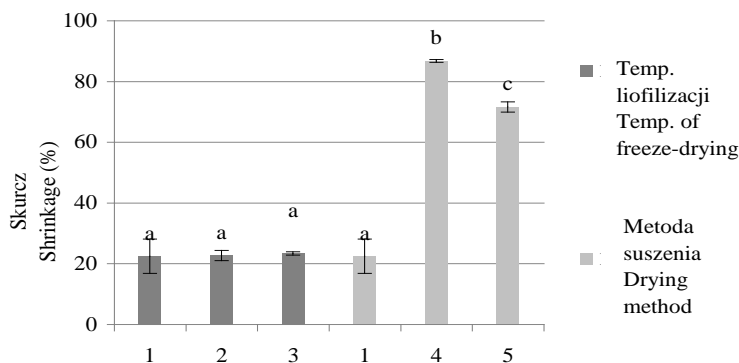
Rys. 3. Nasycenie barwy suszonej dyni w zależności od temperatury liofilizacji i metody suszenia (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (abcd) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05). Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 3. Colour saturation of dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature and drying method (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significance level 0.05) indicated by the same letters (abcd). Symbols of dried pumpkin – Table 1

Skurcz

Jedną z ważniejszych fizycznych zmian, która zachodzi podczas suszenia jest zmniejszenie objętości. Utrata wody i ogrzewanie powoduje skurcz komórek i zmianę kształtu produktu żywnościowego (Mayor i Sereno 2004). Wykazano, że wszystkie próbki liofilizowanej dyni (1-3) cechowały się podobną wielkością skurczu (rys. 4), a różnice nie były istotne statystycznie ($p < 0,05$).

Metoda suszenia miała znaczący wpływ na skurcz materiału. Próbki dyni liofilizowanej (1) cechowały się najmniejszym skurczem, a największym próbki poddane suszeniu konwekcyjnemu (4) (rys. 4). Dla dyni suszonej próżniowo (5) również uzyskano wysoką wartość skurczu. Analiza statystyczna wykazała istotną różnicę wielkości skurczu suszy otrzymanych każdą z metod ($p < 0,05$). Nawirska i in. (2009) susząc dynię metodą próżniową, konwekcyjną i sublimacyjną również uzyskali najmniejszy skurcz dla liofilizatów, znacznie większy dla suszu konwekcyjnego i próżniowego, przy czym skurcz dla suszenia próżniowego był największy. W badaniach Nawirskiej i in. (2009) wyższy skurcz dla dyni suszonej próżniowo w stosunku do suszu konwekcyjnego najprawdopodobniej wynika z podniesienia ciśnienia podczas suszenia, co mogło spowodować większe załamanie struktury i w efekcie większy skurcz. Nawirska i in. (2009) zastosowali także wyższe temperatury suszenia.



Symbole suszonej dyni - Symbols of dried pumpkin

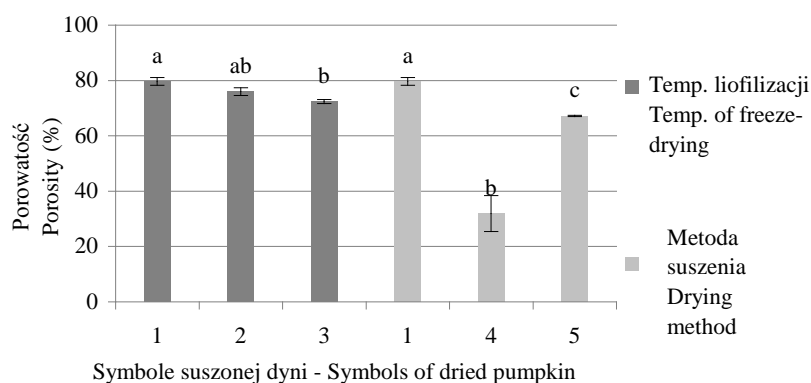
Rys. 4. Skurcz suszonej dyni w zależności od temperatury liofilizacji i metody suszenia (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (abc) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05). Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 4. Shrinkage of dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature and drying method (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significance level 0.05) indicated by the same letters (abc). Symbols of dried pumpkin – Table 1

Porowatość

Podwyższenie temperatury liofilizacji spowodowało obniżenie porowatości suszu. Dynia suszona w najwyższej temperaturze 70°C (3) charakteryzowała najmniejszą wartością tego wskaźnika (rys. 5). Przyczyną takiego zjawiska jest niszczenie struktury podczas długiej obróbki termicznej i zapadanie się ścian komórkowych materiału. Zastosowanie wysokiej temperatury podczas liofilizacji powoduje obniżenie porowatości produktu finalnego, a tym samym spadek kruchości. Analiza statystyczna wykazała, że tylko pomiędzy próbkami otrzymanymi w temperaturze 10°C (1) i 70°C (3) różnice są istotne statystycznie ($p < 0,05$). Również Sablani i in. (2007) uzyskali niewielki wpływ temperatury liofilizacji na porowatość suszonego sublimacyjnie czosnku.

Porowatość materiału jest ściśle związana ze skurczem. Mniejszy skurcz oznacza większą porowatość materiału biologicznego. Dynia liofilizowana (1) cechowała się największą porowatością, a próbka suszona konwekcyjnie (4), o największym skurczu, charakteryzowała się najmniejszą porowatością (rys. 5). Uzyskane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania Que i in. (2008), którzy wykazali, że suszenie konwekcyjne powoduje znaczne obniżenie porowatości suszu. Stwierdzono, że pomiędzy próbkami dyni otrzymanymi każdym ze sposobów suszenia różnice w porowatości są istotne statystycznie ($p < 0,05$).



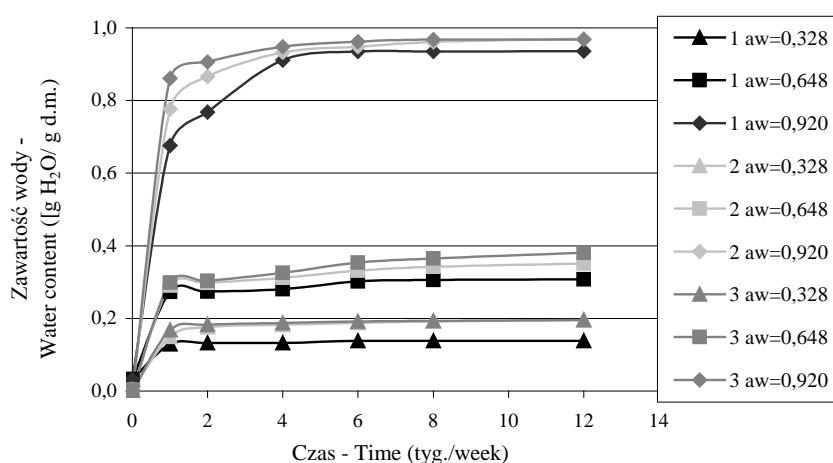
Rys. 5. Porowatość suszonej dyni w zależności od temperatury liofilizacji i metody suszenia (podane wartości są średnimi z odchyleniami standardowymi). Te same litery (abc) w poszczególnych kolumnach oznaczają brak statystycznie istotnej różnicy (poziom istotności 0,05). Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 5. Porosity of dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature and drying method (values represent means \pm standard deviations). Not statistically significant differences (significance level 0.05) indicated by the same letters (abc). Symbols of dried pumpkin – Table 1

Kinetyka adsorpcji pary wodnej

Temperatura liofilizacji wpływa na przyrost zawartości wody w dyni w czasie adsorpcji pary wodnej, co potwierdza wcześniejsze badania Ciurzyńskiej i Lenarta (2009) dla liofilizowanych truskawek. Kinetyka adsorpcji pary wodnej dyni liofilizowanej w najniższej temperaturze 10°C (1) była najniższa, natomiast przebieg krzywych dla dyni liofilizowanej w temperaturze 40°C (2) i 70°C (3) był bardzo zbliżony (rys. 6).

Im większa była aktywność wody środowiska, w którym przechowywano próbki, tym większa była zdolność chłonięcia przez nie wody. Dla aktywności wody 0,328 od około 1-2 tygodnia nie odnotowuje się już znaczącego przyrostu zawartości wody próbek. Dla środowiska o aktywności wody 0,920 zatrzymanie adsorpcji wody przez próbki nastąpiło około 6-8 tygodnia.



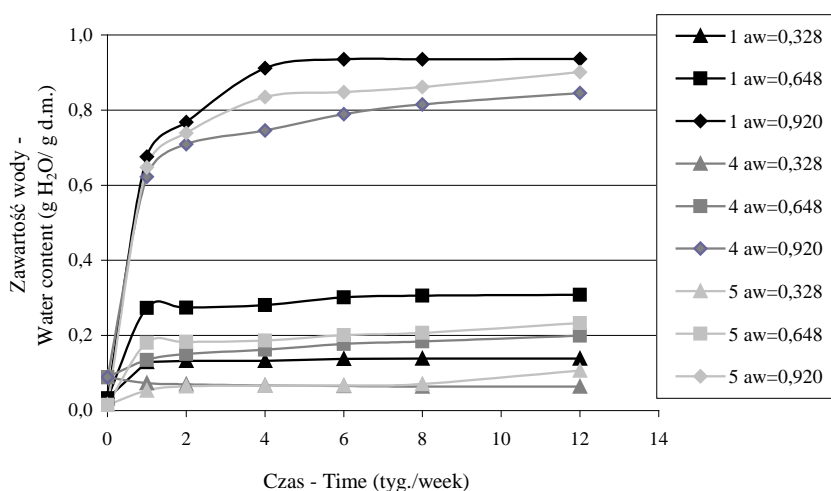
Rys. 6. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przed suszoną dynię w zależności od temperatury liofilizacji. Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 6. Kinetics of water vapour sorption for dried pumpkin in relation to freeze-drying temperature. Symbols of dried pumpkin – Table 1

Sposób suszenia wpływa na przyrost zawartości wody w suszonej dyni w czasie adsorpcji pary wodnej w środowiskach o różnej aktywności wody (rys. 7). Dynia otrzymana w procesie suszenia próżniowego (5) i konwekcyjnego (4) cechowała się znacznie obniżoną kinetyką adsorpcji pary wodnej w porównaniu do liofilizowanej dyni (1) (rys. 6).

Kinetyka adsorpcji zależy od różnicy pomiędzy aktywnością wody suszu i aktywnością wody środowiska. Im różnica ta jest większa, tym ilość adsorbowanej

wody jest większa, a czas osiągnięcia stanu równowagi dłuższy (Marzec i Lewicki 2004). W środowisku o aktywności wody 0,328 próbka suszona konwekcyjnie oddawała wodę do otoczenia. Liofilizowana dynia najszybciej osiągała stan równowagi w każdym ze środowisk. Dla aktywności wody 0,920 dynia suszona konwekcyjnie i próżniowo nie osiągnęła stanu równowagi w 12 tygodniu oznaczenia.



Rys. 7. Kinetyka adsorpcji pary wodnej przez suszoną dynię w zależności od metody suszenia. Symbole suszonej dyni – Tabela 1

Fig. 7. Kinetics of water vapour sorption for dried pumpkin in relation to drying method. Symbols of dried pumpkin – Table 1

WNIOSKI

1. Wraz z podwyższeniem temperatury liofilizacji następuje wzrost aktywności wody suszonej dyni, ale nie ma różnic w zawartości suchej substancji. Zwiększa się także nasycenie barwy suszonej dyni. Zmiana temperatury nie miała znaczącego wpływu na skurcz próbek, ale nastąpiło istotne obniżenie porowatości suszonej dyni.

2. Liofilizacja zapewnia otrzymanie suszonej dyni o najlepszych cechach, najniższej aktywności wody i skurczu oraz najwyższej porowatości i nasyceniu barwy.

3. Suszenie konwekcyjne jest najmniej korzystnym sposobem utrwalania dyni. Dynia suszona tą metodą osiągnęła najwyższą aktywność wody i skurcz oraz najniższą porowatość i nasycenie barwy.

4. Suszenie próżniowe pozwala uzyskać suszoną dynię o pośrednich cechach, w porównaniu z liofilizatami i suszami konwekcyjnymi.

5. Nie wykazano istotnego wpływu temperatury liofilizacji na właściwości sorpcyjne otrzymanych suszy.

6. Właściwości sorpcyjne suszonej dyni zależą od metody suszenia. Dynia poddana suszeniu sublimacyjnemu uzyskała najlepsze właściwości sorpcyjne. Suszenie konwekcyjne spowodowało największe obniżenie zdolności sorpcyjnych w całym zakresie aktywności wody.

PIŚMIENNICTWO

- Alibas I., 2007. Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1445-1451.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2009. The influence of temperature on rehydration and sorption properties of freeze-dried strawberries. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 1(1), 17-25.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2010a. Rehydration and sorption properties of osmotically pretreated freeze-dried strawberries. *Journal of Food Engineering*, 97, 267-274.
- Ciurzyńska A., Lenart A., 2010b. Structural impact of osmotically pretreated freeze-dried strawberries on their mechanical properties. *International Journal of Food Properties*, 13(05), 1134-1149.
- Ciurzyńska A., Piotrowski D., Lenart A., Łukasik P., 2012. Sorption properties of vacuum – dried strawberries. *Drying Technology*, 30(8), 850-858.
- Gapiński M., 2003. Warzywa mało znane i zapomniane. Praca zbiorowa. Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, wyd. I, 104-107.
- Gliemmo M.F., Latorre, M.E., Gerschenson L.N., Campos C.A., 2009. Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. *LWT – Food Science and Technology*, 42, 196-201.
- Marzec A., Lewicki P.P., 2004. Właściwości sorpcyjne pieczywa chrupkiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(41), 44-56.
- Maskan M., 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- Mayor L., Sereno A.M., 2004. Modelling shrinkage during convective drying of food material: a review. *Journal of Food Engineering*, 18, 373-386.
- Nawirska A., Figiel A., Kucharska A.Z., Sokół-Lętowska A., Biesiada A., 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*, 94, 14-20
- Orłowski M., 2000. Warzywa dyniowate. W: *Polowa uprawa warzyw*. Wydawnictwo Brasika, Szczecin, 229-236.
- Que F., Mao L., Fang X., Wu T., 2008. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *International Journal of Food Science and Technology*, 43, 1195-1201.
- Sablani S.S., Rahman M.S., Al-Kuseibi M.K., Al-Habsi N.A., Al-Belushi R.H., Al-Marhubi I., Al-Amri I.S., 2007. Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, 80, 68-79.

INFLUENCE OF FREEZE-DRYING TEMPERATURE AND DRYING METHODS ON SELECTED PROPERTIES OF DRIED PUMPKIN

Agnieszka Ciurzyńska, Andrzej Lenart, Patrycja Kawka

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences (SGGW)
ul. Nowoursynowska 159c, 02-787 Warszawa, Poland
e-mail: agnieszka_ciurzynska@sggw.pl

Abstract. Pumpkin is a vegetable rich in nutrients, which can be a complement to a healthy, balanced diet. Due to the seasonality of the crop and the perishable nature of the material it is important to extend the shelf life of pumpkin. Freeze-drying is considered to be a method which allows obtaining product of good quality. Due to the removal of water at low temperature, most of the microbiological reactions are stopped, which allows to obtain high quality product. The paper presents the influence of temperature and freeze-drying method on selected physical properties of dried pumpkin. Frozen pumpkin cubes were subjected to freeze-drying for 24 hours at a constant pressure of 63 Pa and a safety pressure of 103 Pa, at shelf temperatures of 10, 40 and 70°C. Convective drying (at 50°C) and vacuum drying (50°C, pressure 4 kPa) were also conducted. For the dried materials obtained the following were assayed: water content and activity, colour, shrinkage, porosity, sorption properties. Freeze-drying temperature does not significantly affect the colour and shrinkage of the finished product. Freeze-drying at 70°C allows to obtain dried material with the lowest water activity. The highest porosity was noted for freeze-dried samples obtained at temperature of 10°C. Increasing the temperature of freeze-drying resulted in an increase of sorption properties of dried pumpkin. Freeze-drying allows to obtain dried material with the lowest water activity and shrinkage, and the highest porosity. Vacuum drying resulted in the best colour retention of the product, but the greatest shrinkage. Convective drying resulted in a very large shrinkage and lower porosity of the material, and deterioration of the sorption capacity.

Key words: pumpkin, freeze-drying, convective and vacuum-drying, water vapour sorption, shrinkage, porosity, colour