

WPLYW PARAMETRÓW BLANSZOWANIA ORAZ METODY SUSZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE SUSZONYCH PIECZAREK*

Karolina Lentas, Dorota Witrowa-Rajchert, Maria Hankus

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

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu parametrów blanszowania oraz metod suszenia na właściwości mechaniczne suszonych pieczarek. Materiałem badawczym były pieczarki odmiany *Agaricus bisporus*, krojone w plastry grubości 5 mm, które poddawano blanszowaniu w wodzie przez 15, 30, 45 i 60 minut w temperaturze 60°C oraz przez 3 minuty w 95°C. Następnie materiał suszono trzema metodami: sublimacyjną (zamrażanie w –18 i –40°C), konwekcyjną oraz mikrofalowo-konwekcyjną. Właściwości mechaniczne określono przeprowadzając test zginania suszy sublimacyjnych i konwekcyjnych i test cięcia suszu mikrofalowego. Zdjęcia mikroskopowe wykazały znaczne zniszczenie struktury wewnętrznej pod wpływem wstępnej obróbki termicznej. Susze sublimacyjne, zamrażane w –40°C charakteryzowały się największymi wartościami pracy łamania podczas testu zginania. Jednocześnie, w wyniku zamrażania w wyższej temperaturze otrzymywano liofilizaty mniej odporne na odkształcenia. Najwyższymi siłami cięcia charakteryzowały się susze mikrofalowo-konwekcyjne wstępnie blanszowane w temperaturze 60°C przez krótszy czas. Analizując różne metody suszenia, nie stwierdzono jednoznacznego wpływu parametrów wstępnego blanszowania na właściwości mechaniczne pieczarek. Był on zależny od zastosowanego sposobu usuwania wody.

Słowa kluczowe: pieczarki *Agaricus bisporus*, blanszowanie, struktura, suszenie, test zginania

WSTĘP

Grzyby to prymitywne organizmy makroskopijne, należące do królestwa *Fungi*. Są saprofityczne, nie wytwarzają chlorofilu, pobierają energię z martwych resztek szczątków materii organicznej, za pomocą enzymów pomocnych w degradacji materii organicznej i absorpcji z niej składników odżywczych (Chang i Miles 1989, Pal

*Praca finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2010-2011 jako projekt badawczy nr N312 117438.

i Chakraverty 1997, Walde i in. 2006). W latach 70-tych znacznie wrosło zainteresowanie grzybami hodowlanymi, w tym głównie pieczarkami dwuzarodnikowymi odmiany *Agaricus bisporus*. Stanowią one około 40% całej światowej produkcji grzybów hodowlanych. Wzrost konsumpcji grzybów związany jest głównie z ich walorami smakowymi i aromatem, jak również wartością odżywczą. Grzyby są cennym źródłem białka, witamin z grup B, ale także witamy A, D, PP i C, mikro- i makroelementów, w tym m.in. fosforu, potasu, żelaza, kobaltu, fluoru, manganu, cynku i jodu. Charakteryzują się niską kalorycznością, nie zawierają cholesterolu, a zawartość tłuszczu jest znikoma. Inaczej niż rośliny, ściany komórkowe grzybów zbudowane są w głównej mierze z chityny, a także niewielkich ilości celulozy oraz pektyn (Giri i Prasad 2007, Procner 1981, Walde i in. 2006). Jednak podobnie jak inne grzyby, także pieczarki szybko się psują, a zmiany te rozpoczynają się bezpośrednio po zbiorze. Determinuje to potrzebę ich przetwarzania. W wielu miejscach na świecie suszy się grzyby na słońcu, jednak stwarza to wiele zagrożeń higienicznych. W przemyśle stosowane są różne metody suszenia, grzyby są również marynowane, kiszone, otrzymywane są z nich ekstrakty czy też mączka grzybowa.

Konsumenci oceniają jakość w pierwszej kolejności po barwie, a następnie teksturze (Ahrne i in. 2003, Giri i Prasad 2007, Kotwaliwale i in. 2007, Zivanovic i Buescher 2004). Te właściwości, zarówno podczas obróbki wstępnej poprzez blanszowanie, jak i podczas samego procesu suszenia, ulegają niekorzystnym zmianom. Proces blanszowania ma na celu unieczynnienie poszczególnych enzymów i rozluźnienie tkanki przed dalszymi procesami, jednak wpływać może na jakość produktu, poprzez zmiany barwy, tekstury czy smaku (Niedziółka i Szymanek 2004). Pod wpływem wysokiej temperatury blanszowania (90-100°C) zachodzą zmiany, polegające na denaturacji białek, zmiany na poziomie molekularnym komórek oraz zmiany aktywności enzymów. Prowadzą one do pogorszenia barwy materiału, niepożądanych zmian tekstury oraz zmniejszenia zdolności ponownego uwadniania (Ahrne i in. 2003, Kotwaliwale i in. 2007, Vivar-Quantana i in. 1999). Dobór odpowiednich parametrów blanszowania oraz parametrów i metody suszenia pozwala na uzyskanie produktów, które spełnią wysokie wymagania dzisiejszego konsumenta (Bernaś i in. 2007, Czapski 1994, Matser i in. 2000).

Celem pracy było zbadanie wpływu parametrów blanszowania oraz metod suszenia na właściwości mechaniczne suszonych pieczarek.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym były pieczarki dwuzarodnikowe klasy I, które selekcjonowano pod względem wielkości (owocniki o średnicy kapelusza 30-60 mm) i krojono w plastry o grubości 5 mm. Plastry pieczarek poddawano blanszowaniu w wodzie przez 15, 30, 45 i 60 minut w temperaturze 60°C i przez 3 minuty w temperaturze 95°C.

Surowe i blanszowane próbki układano w pojedynczej warstwie i suszono metodą konwekcyjną, mikrofalowo-konwekcyjną i sublimacyjną. Suszenie konwekcyjne prowadzono w temperaturze powietrza 70°C, przy prędkości przepływu równoległe do materiału wynoszącej 1,8 m·s⁻¹. Proces suszenia prowadzono do uzyskania stałej masy.

Suszenie mikrofalowo-konwekcyjne przebiegało w temperaturze powietrza przepływającego prostopadle do materiału równej 40°C, przy mocy mikrofal 300 W. Suszenie prowadzono do stałej masy.

Materiał surowy i blanszowany poddawano również suszeniu sublimacyjnemu przez 24 h, w 4 sekcjach temperaturowych 10, 20, 30 i 45°C, pod ciśnieniem 63 Pa. Przed procesem suszenia materiał układano na tacach w jednej warstwie i poddawano mrożeniu z zastosowaniem temperatury -18°C oraz w zamrażarce szokowej w temperaturze -40°C.

Poszczególne suszenia powtarzano dwukrotnie dla każdej z badanych kombinacji parametrów procesu.

Właściwości mechaniczne suszonych konwekcyjnie i sublimacyjnie plastrów pieczarek oceniono na podstawie testu zginania. Do przeprowadzonego testu użyto 10 plastrów każdego suszu o zmierzonej grubości. Test polegał na zginaniu próbki umieszczonej na podporach. W przypadku świeżego materiału zastosowano rozstaw podpór 28 mm, dla suszy 22 mm. Test zginania przeprowadzano do momentu zniszczenia materiału. Analizowanym parametrem była praca łamania – energia potrzebna do złamania plastra suszu, mierzona jako pole pod krzywą łamania, wyznaczone do punktu maksymalnej siły (Bourne 2003, Głowacki 2000, Sitkei 1986).

Testowi cięcia poddano plastry pieczarek suszone mikrofalowo-konwekcyjnie. Do przeprowadzonego testu użyto 10 plastrów o znanej grubości. Wykorzystano jednołożowy element tnący o wymiarach: długość 62 mm, wysokość 24 mm, grubość 0,5 mm. Podczas testu nóż przesuwał się wzdłuż metalowej podstawki ze szczeliną, umożliwiającą wciśnięcie, przecięcie oraz częściowe wyciśnięcie próbki. Test cięcia przeprowadzano do momentu zniszczenia materiału. Na podstawie testu cięcia określono maksymalną siłę cięcia suszonych mikrofalowo plastrów pieczarek (Bourne 2003, Głowacki 2000, Sitkei 1986).

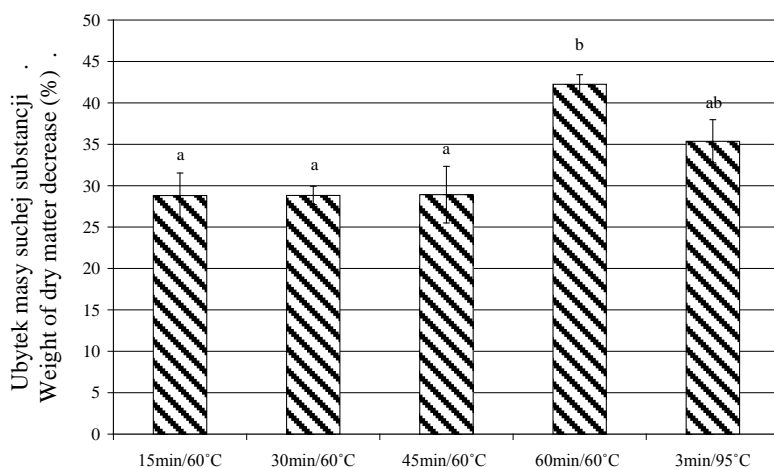
Pomiary instrumentalne właściwości mechanicznych wykonano wykorzystując tekstuometr TEXTURE ANALYZER TA-TX2 firmy Stable Micro Systems Ltd., stosując prędkość głowicy 55 mm·min⁻¹ podczas zginania i 60 mm·min⁻¹ podczas testu cięcia.

Właściwości strukturalne surowych i blanszowanych pieczarek określono na podstawie zdjęć wykonanych w 400-krotnym powiększeniu w Centrum Analitycznym SGGW w Warszawie, przy zastosowaniu mikroskopu skaningowego FEI model QUANTA 200.

Analizę statystyczną wyników przeprowadzono przy pomocy programu STATGRAPHICS. Stosując jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA, dokonano podziału średnich na grupy jednorodne według procedury Tukey'a. Przy pomocy programu Excel przeprowadzono również dwuczynnikową analizę wariancji bez powtórzeń, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Proces blanszowania spowodował rozluźnienie struktury wewnętrznej, co ułatwiło wymianę masy między tkanką a roztworem otaczającym. Ubytek masy suchej substancji podczas blanszowania niskotemperaturowego przez 15, 30 i 45 minut był na stałym poziomie, ok. 29%, natomiast w czasie 60 minut procesu z materiału ubywało 42% suchej substancji zawartej w surowcu (rys. 1). Zastosowanie wysokotemperaturowego blanszowania powodowało stratę suchej substancji na poziomie 35%.

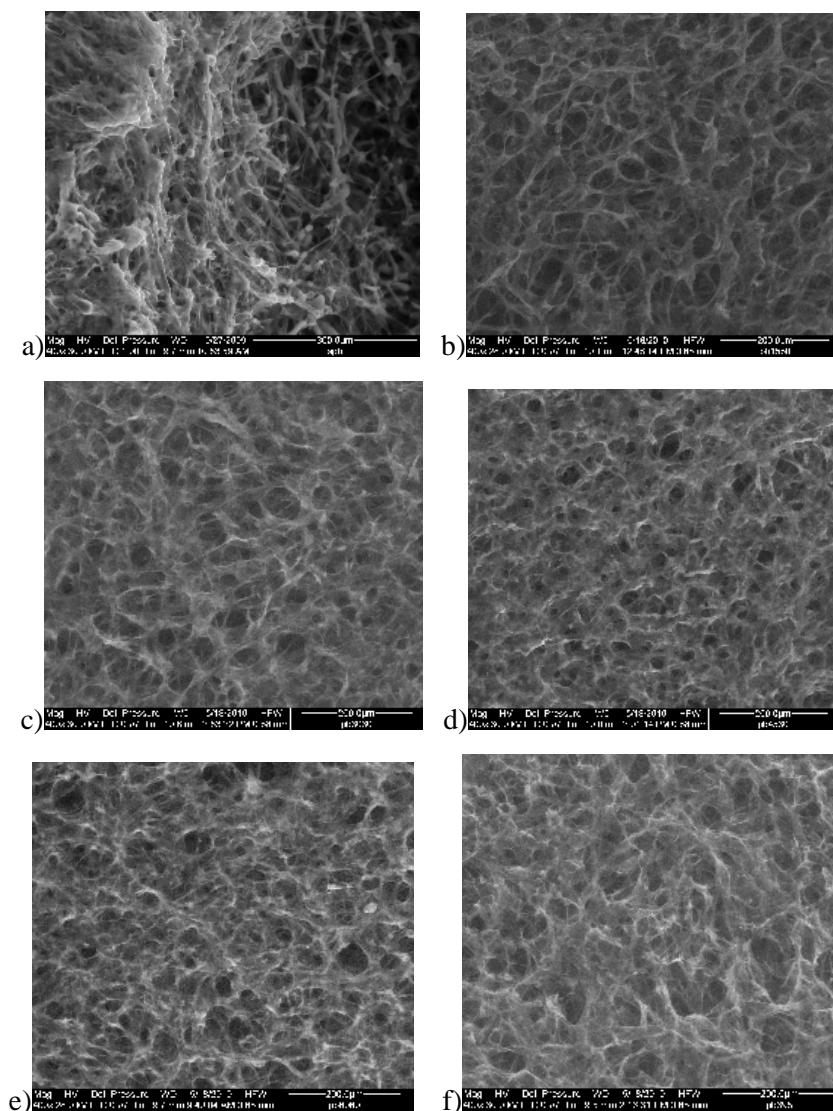


Rys. 1. Średni ubytek masy suchej substancji pieczarek podczas blanszowania. Wartości kolumnowe oznaczone symbolami a, b różnią się między sobą statystycznie przy $\alpha < 0,05$. Odłożone na słupkach odcinki to odchylenia standardowe.

Fig. 1. Average decrease of dry matter of mushrooms during blanching. Columned values denoted by different letters (a, b) vary among themselves statistically significant at $\alpha < 0,05$. Sections set aside on the columns are standard deflections.

Na podstawie analizy zdjęć mikroskopowych (fot. 1) stwierdzono wyraźny wpływ czasu oraz temperatury blanszowania na strukturę wewnętrzną pieczarek. Zdjęcie surowej pieczarki wskazuje na obecność wydłużonych komórek grzybnistrzępków, jednak już po 15 minutach blanszowania struktura wewnętrzna ulega zniszczeniu, przestały być widoczne strzępki, struktura zagęściła się oraz powsta-

ły puste przestrzenie wewnątrz tkanki materiału. Zaobserwowano, że im dłuższy był czas i im wyższa była temperatura blanszowania tym struktura wewnętrzna tkanek pieczarek była bardziej zdeformowana.

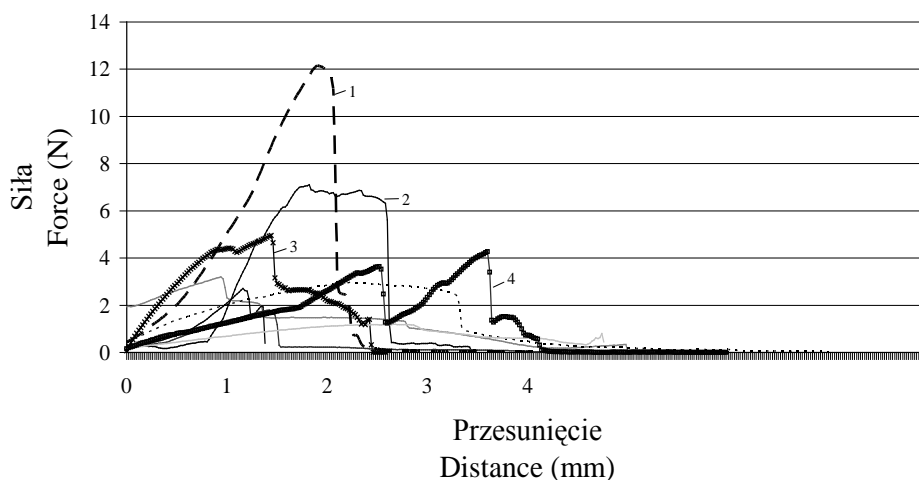


Fot. 1. Zdjęcia mikroskopowe pieczarek (powiększenie 400x) a) surowych, b) blanszowanych 15min/60°C, c) 30min/60°C, d) 45min/60°C, e) 60min/60°C, f) 3min/95°C

Photo 1. Microscope images of mushrooms (magnification 400x) a) raw, b) blanched 15min/60°C, c) blanched 30min/60°C, d) blanched 45min/60°C, e) blanched 60min/60°C, f) blanched 3min/95°C

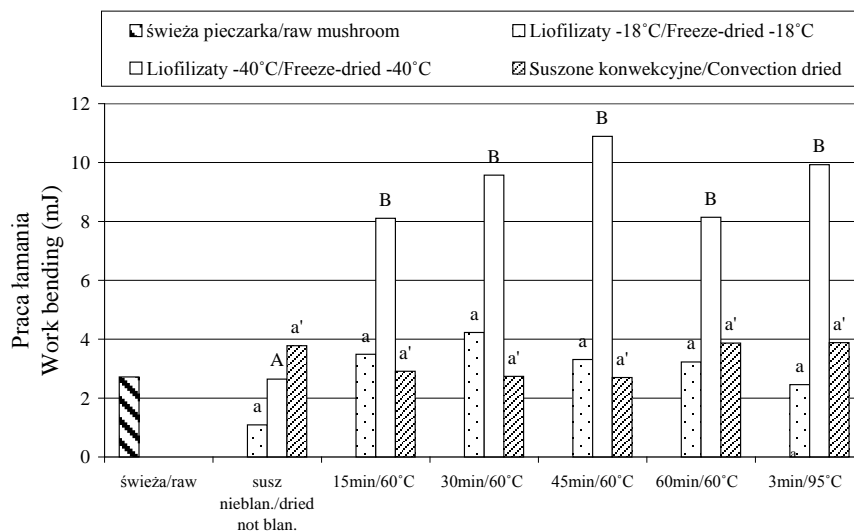
Zawartość suchej substancji w suszach zależała od metody suszenia. Susze mikrofalowe zawierały od 85,4 do 89,3% suchej substancji. Próbkki suszone konwekcyjnie charakteryzowały się zawartością suchej substancji na poziomie 97-98,6%, a liofilizaty 95-96%.

Dwuczynnikowa analiza wariancji wyników testu zginania wskazała na istotny wpływ metody suszenia, natomiast nie wykazała wpływu zróżnicowanych parametrów blanszowania na wartość pracy łamania, wyznaczanej jako pole pod krzywą łamania do punktu maksymalnej siły, w którym następowało zniszczenie materiału (rys. 2 i 3). Istotny wpływ na wartość pracy łamania miała temperatura zamrażania próbek przed procesem liofilizacji. Szybkość i wielkość powstających kryształów lodu podczas zamrażania wpływała na właściwości mechaniczne suszonych pieczarek. Powstające w wyższej temperaturze zamrażania (-18°C) większe kryształy lodu powodowały wytworzenie większych porów w suszach. Takie susze okazały się mniej odporne na zginanie, osiągając istotnie niższe wartości pracy (energii potrzebnej do złamania plastra suszu). Generalnie, susze sublimacyjne w większości przypadków charakteryzowały się większymi wartościami pracy łamania, w porównaniu do materiałów otrzymanych w wyniku suszenia konwekcyjnego.



Rys. 2. Wybrane krzywe łamania suszy pieczarek (przykładowe krzywe: 1-45 min/ 60°C /sub. (-40°C), 2 – 45 min/ 60°C /konw., 3 – 3 min/ 95°C /konw., 4 – 45 min/ 60°C /sub. (-18°C))

Fig. 2. Selected dried mushrooms bending curves (examples of curves: 1-45 min/ 60°C /sub. (-40°C), 2 – 45 min/ 60°C /conv., 3 – 3 min/ 95°C /conv., 4 – 45 min/ 60°C /sub. (-18°C))



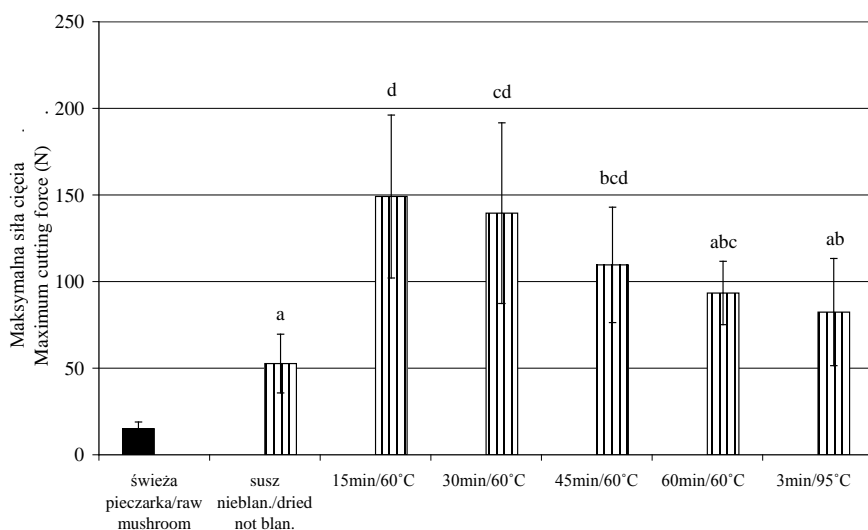
Rys. 3. Praca łamania konwekcyjnego i sublimacyjnego suszu pieczarek. Wartości kolumnowe oznaczone symbolami a, b, a', A, B różnią się między sobą statystycznie przy $\alpha < 0,05$

Fig. 3. Bending work of convective and freeze-dried mushrooms. Columned values denoted by different letters (a, b, a', A, B) vary among themselves statistically significant at $\alpha < 0.05$

Mimo braku istotnego wpływu parametrów blanszowania, stwierdzonego na podstawie dwuczynnikowej analizy wariacji, można zauważyć zróżnicowanie wyników, jeśli do ich oceny zostanie zastosowana jednoczynnikowa analiza wariacji i wartości średnie zostaną przyporządkowane do poszczególnych grup jednorodnych (rys. 3). Analiza testu zginania wykazała w tym przypadku istotny wpływ procesu blanszowania na podwyższenie wartości pracy łamania suszy sublimacyjnych zamrażanych w -40°C . Osiągała ona wartości nawet powyżej 10 mJ. W przypadku suszy konwekcyjnych oraz suszy sublimacyjnych zamrażanych w wyższej temperaturze nie wykazano istotnego wpływu warunków blanszowania na zmiany właściwości mechanicznych badanych plastrów suszy pieczarek. Wartość pracy łamania nieblanszowanego suszu konwekcyjnego wynosiła 3,88 mJ, natomiast po blanszowaniu i suszeniu konwekcyjnym spadała do wartości 2,7-2,9 mJ. Jedynie blanszowanie przez 60 minut w temperaturze 60°C oraz wysokotemperaturowe blanszowanie powodowało wzrost badanego parametru do około 3,9 mJ. Przyczyną tego mogło być znaczne zniszczenie materiału poddanego blanszowaniu, w połączeniu z suszeniem konwekcyjnym w wysokiej temperaturze (Giri i Prasad 2007). W przypadku zastosowania liofilizacji oraz zastosowania zamrażania szokowego (-40°C), odnotowano znaczny wzrost wartości pracy łamania próbek, w niektórych przypadkach ponad dwukrotny. Najtwardsze susze

uzyskano po zastosowaniu blanszowania w temperaturze 60°C przez 30 i 45 minut oraz wysokotemperaturowego blanszowania.

Analiza wyników testu cięcia suszy mikrofalowych dowiodła, iż niskotemperaturowe blanszowanie przez krótszy czas, 15 i 30 minut powodowało najbardziej znaczące wzmocnienie tekstury, w porównaniu do suszy wcześniej nieblanszowanych (rys. 4). Maksymalna siła cięcia świeżego materiału wynosiła około 15 N, po suszeniu około 50 N. Natomiast proces obróbki wstępnej wzmocnił wytrzymałość suszy do około 150 N po 15 minutach blanszowania w niższej temperaturze. Wraz z wydłużaniem czasu blanszowania oraz podwyższeniem temperatury odnotowano spadek maksymalnej siły cięcia plasterków pieczarek, jednak w stosunku do nieblanszowanego suszu, siła cięcia była 1,5-2-krotnie wyższa.



Rys. 4. Maksymalna siła cięcia suszy mikrofalowo-konwekcyjnego. Wartości kolumnowe oznaczone symbolami a, b, a', A, B różnią się między sobą statystycznie przy $\alpha < 0,05$. Odłożone na słupkach odcinki to odchylenia standardowe

Fig. 4. Maximum cutting force of microwave-convective dried mushrooms. Columned values denoted by different letters (a, b, a', A, B) vary among themselves statistically significant at $\alpha < 0,05$. Sections set aside on the columns are standard deflections

WNIOSKI

1. Największym ubytkiem masy suchej substancji charakteryzowały się pieczarki blanszowane w wysokiej temperaturze (95°C) oraz w 60°C przez 60 minut, co było związane ze zniszczeniem struktury wewnętrznej i utratą składników rozpuszczalnych.

2. Zdjęcia mikroskopowe wykazały zniszczenie struktury wewnętrznej pod wpływem wstępnej obróbki termicznej. Zaobserwowano, że im dłuższy był czas blanszowania oraz im wyższa temperatura, tym chitynowe ściany komórkowe były bardziej zdeformowane.

3. Susze sublimacyjne, w przypadku których zastosowano proces blanszowania oraz zamrażanie szokowe, charakteryzowały się większymi wartościami pracy łamania podczas testu zginania niż susze konwekcyjne oraz liofilizaty zamrażane w temperaturze -18°C , co świadczy o ich mniejszej odporności na odkształcenia.

4. Blanszowanie nisko- i wysokotemperaturowe spowodowało istotny wzrost siły cięcia suszu mikrofalowo-konwekcyjnego, w porównaniu z siłą potrzebną do przecięcia suszu nieblanszowanego. Najwyższymi siłami cięcia charakteryzowały się susze blanszowane w temperaturze 60°C przez krótszy czas.

5. Analizując różne metody suszenia, nie stwierdzono jednoznacznego wpływu parametrów wstępnego blanszowania na właściwości mechaniczne pieczarek. Był on zależny od zastosowanego sposobu usuwania wody.

PIŚMIENNICTWO

- Ahrne L., Prothon F., Funebo T., 2003. Comparison of drying kinetics and texture effects of two calcium pretreatments before microwave-assisted dehydration of apple and potato. *International Journal of Food Science and Technology*, 38, 411-420.
- Bernaś E., Jaworska G., Maciekasze I., Biernacka A., 2007. Wpływ obróbki wstępnej, zamrażania i zamrażalniczego składowania na teksturę pieczarek. *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 5(54), 165-172.
- Bourne M.C., 2003. *Ford texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd Edition. Food Science and Technology, International Series.
- Chang S. T., Miles P. G., 1989. Part I – Mushroom science. Edible mushroom and their cultivation. Boca-Raton, USA: CRC Press.
- Czapski J., 1994. Wpływ niektórych operacji technologicznych na wydajność i jakość pieczarek blanszowanych i składowanych w zalewie. *Biuletyn Warzywniczy*, 42, 101-119.
- Giri S.K., Suresh Prasad, 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78, 512-521.
- Głowacki H., 2000. *Mechanika techniczna. Wytrzymałość materiałów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Kotwaliwale N., Bakane P., Verma A., 2007. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. *Journal of Food Engineering*, 78, 1207-1211.
- Matser A.M., Knott E.R., Teunissen P. G. M., Paul V. Bartels P. V., 2000. Effects of high isostatic pressure on mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 45, 11-16.
- Niedziółka I., Szymanek M., 2004. Wpływ blanszowania na wybrane właściwości mechaniczne ziarna kukurydzy cukrowej. *Acta Agrophysica*, 4(2), 449-457
- Pal N.S., Chakraverty A., 1997. Thin layer convection-drying of mushrooms. *Energy Convers. Mgmt*, 38, 2, 107-113.

- Prochner A., 1981. Technologia gastronomiczna z towaroznawstwem. Cz. 1. red. Świątkowska J. (red.), WSiP, Warszawa
- Sitkei G., 1986. Mechanics of Agricultural Materials. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Vivar-Quintana A.M., González-San José M.L., Collado-Fernández M., 1999. Influence of canning process on colour, weight and grade of mushrooms. Food Chemistry, 66, 87-92.
- Walde S.G., Velu V., Jyothirmayi T., Math R.G., 2006. Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom. Journal of Food Engineering, 74, 108-115.
- Zivanovic S., Buescher B., 2004. Changes in mushroom texture and cell wall composition affected by thermal processing. Journal of Food Sciences, 69 (1), SNQ44-SNQ49.

EFFECT OF BLANCHING PARAMETERS AND METHODS OF DRYING ON MECHANICAL PROPERTIES OF DRIED MUSHROOMS

Karolina Lentas, Dorota Witrowa-Rajchert, Maria Hankus

Department of Food Engineering and Process Management, Faculty of Food Sciences,
Warsaw University of Life Sciences
ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
e-mail: karolina_lentas@sggw.pl

Abstract. The aim of this study was to investigate the influence of blanching parameters on mechanical properties of dried mushrooms. Mushrooms cv. *Agaricus bisporus* were cut into slices of thickness of 5 mm and blanched in water for 15, 30, 45 and 60 minutes at 60°C and for 3 minutes at 95°C. Then the material was dried using three methods: freeze-drying (freezing at -18 and -40°C), convective drying and microwave-convective drying. Mechanical properties were determined using the breaking test for freeze-dried and convective dried material and the cutting test for microwave-convective dried mushrooms. Microscope photos showed considerable destruction of internal structure under the influence of thermal pretreatment. Freeze-dried material frozen at -40°C was characterised by the greatest cutting work during the bending test. Simultaneously, less resistant to deformation freeze-dried materials were obtained as result of freezing at higher temperature. The microwave-convective dried material initially blanched at 60°C for shorter time was characterised by the highest cutting force. No unique influence of blanching parameters on mushrooms mechanical properties was found during the analysis of different drying methods. This was dependent on the way of water removing.

Key words: mushrooms *Agaricus bisporus*, blanching, structure, drying, bending test