

Dr inż. Monika HOFFMANN
Mgr inż. Małgorzata GÓRNICKA
Dr inż. Hanna JĘDRZEJCZYK

Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, SGGW w Warszawie

ZAMIENNIKI BIAŁKA ZWIERZĘCEGO – TECHNOLOGIA, WARTOŚĆ ODŻYWCZA, MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA

Część I

NIETRADYCYJNE ŹRÓDŁA BIAŁKA – PRODUKTY SOJOWE FERMENTOWANE®

Soja jest najczęściej wykorzystywanym substytutem białka zwierzęcego na świecie, cechuje ją wysoka wartość odżywcza i wszechstronne możliwości zastosowania. Fermentowane produkty otrzymywane z soi, od setek lat spożywane w krajach azjatyckich, w Europie i Ameryce stopniowo zyskują uznanie ze względu na wyrazisty i charakterystyczny smak, który umożliwia urozmaicenie posiłków oraz ze względu na wysoką zawartość składników odżywczych, w tym białka i nienasyconych kwasów tłuszczowych, a także składników bioaktywnych o prozdrowotnym oddziaływaniu.

WSTĘP

Ograniczenie spożycia mięsa i innych produktów pochodzenia zwierzęcego przez osoby dorosłe uważane jest obecnie za postępowanie dietetyczne przynoszące korzyści zdrowotne jako prewencja wielu chorób cywilizacyjnych, zwłaszcza niedokrwiennej choroby serca [32]. Badania naukowe prowadzone zarówno wśród radykalnych wegetarian, jak i semiwegetarian, dowodzą że w grupach tych ryzyko zachorowalności na choroby cywilizacyjne oraz zgonów nimi wywołanych jest niższe niż u tradycyjnie odżywiających się konsumentów, co związane jest zarówno z ograniczeniem spożycia produktów pochodzenia zwierzęcego, jak i większym spożyciem owoców, warzyw i innych pokarmów roślinnych oraz zdrowszym trybem życia [24].

Wykluczenie z diety mięsa oraz innych produktów zwierzęcych, np. jaj, mleka i jego przetworów wiąże się z obniżeniem jakości spożywanego białka, przede wszystkim zaś z deficytem białka pełnowartościowego, zawierającego wszystkie aminokwasy egzogenne, jak również z ograniczoną jego strawnością.

Najczęściej stosowanym substytutem białka zwierzęcego na świecie jest soja [9]. Jej nasiona zawierają około 40% białka, w którym występują w znaczących ilościach wszystkie aminokwasy egzogenne [15]. Soja charakteryzuje się umiarkowaną zawartością tłuszczu całkowitego i niską – nasyconych kwasów tłuszczowych [1]. Jest przy tym dobrym źródłem nienasyconych kwasów tłuszczowych, steroli, lecytyny i witaminy E oraz deficytowych w dietach wegetariańskich składników, takich jak kwas foliowy, wapń, żelazo i cynk. Zawiera także składniki o działaniu antyoksydacyjnym – β -karyoten, witaminę C, selen, kwasy fenolowe oraz flawonoidy [21, 19]. Według przeprowadzonych przez FDA badań spożywanie produktów zawierających soję obniża zawartość cholesterolu we krwi i zmniejsza ryzyko zachorowań na choroby układu krążenia. Zawarte w soi izoflawony wykazują właściwości antyoksydacyjne w stosunku do frakcji LDL cholesterolu,

działanie przeciwzakrzepowe oraz poprawiają funkcjonowanie naczyń krwionośnych i obniżają ciśnienie tętnicze krwi, a także zmniejszają negatywne skutki menopauzy [25]. Soja, dzięki zawartości izoflawonów (genisteiny i diadzeiny), saponin, sitosterolu i innych składników aktywnych działa prewencyjnie w chorobach nowotworowych [30].

Na bazie soi (poza olejem) produkuje się przede wszystkim: mąkę, koncentraty i izolaty sojowe, tekstury, mleko i napoje sojowe, tofu oraz szereg wyrobów wytwarzanych w wyniku procesu fermentacji ziarna sojowego, takich jak: sosy sojowe, sufu, miso, czy tempeh [23, 24, 15]. Proces fermentacji soi pozwala zwiększyć walory sensoryczne, trwałość, a także wartość odżywczą uzyskanych tą metodą produktów. Na skutek namaczania, obróbki termicznej i procesu fermentacji usuwane zostają obecne w surowej soi związki antyodżywcze – jak na przykład fityniany. Proces fermentacji poprawia biodostępność cynku i żelaza oraz powoduje wzrost zawartości witamin, głównie z grupy B [6]. Produkty fermentowane, spożywane powszechnie w krajach azjatyckich, dzięki wysokiej wartości odżywczej, zawartości składników prozdrowotnych oraz często ciekawej charakterystyce sensorycznej stanowią nie tylko źródło wysokiej jakości białka w dietach wegetarian, ale pozwalają na urozmaicenie i wzbogacenie diet tradycyjnych.

Celem artykułu jest przybliżenie czytelnikom informacji w zakresie dokonującego się postępu technologicznego, w żywieniu ludzi w Europie i Ameryce z wykorzystaniem fermentowanych produktów sojowych.

PRODUKTY SOJOWE FERMENTOWANE

Tempeh – to tradycyjny indonezyjski produkt, w którym ziarna soi zespolone są ze sobą przez strzępki białej grzybni. Otrzymywany jest z fermentowanych ziaren soi i ewentualnie innych warzyw strączkowych oraz ziarna zbóż przy udziale grzybów z klasy *Zygomycetes*, najczęściej szczepu *Rhizopus oligosporus* [2].



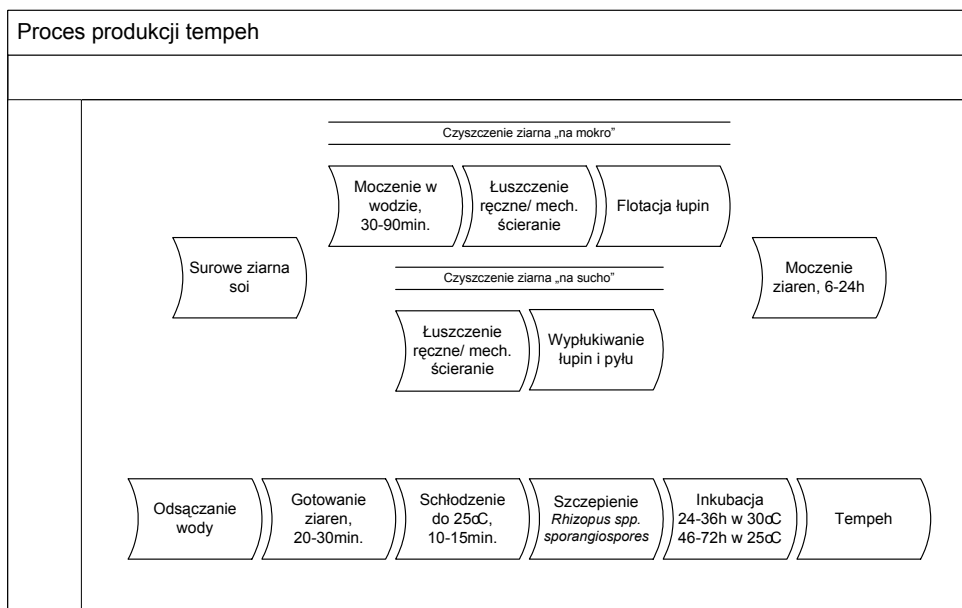
Rys. 1. Tempeh [http://en.wikipedia.org/wiki/Image: Tempeh_tempe.jpg].

Tempeh zawiera około 20% białka (40-50% w przeliczeniu na suchą masę) i około 11% tłuszczu, w którym dominują kwasy nienasycone. Jest dobrym źródłem błonnika, zawiera witaminy z grupy B, magnez, potas i żelazo oraz składniki aktywne typowe dla soi – izoflawonoidy i saponiny [28]. Tempeh wykazuje działanie antyoksydacyjne i antykancerogenne [8], działa hipolipidemicznie, a ze względu na wysoką zawartość izoflawonów – antyaterogenne [10].

[5]. W nowoczesnych metodach produkcji tempeh (na skalę przemysłową) podczas namaczania ziaren stosuje się bakterie mlekowe, które zapobiegają powstawaniu przetrwalników i poprawiają jakość produktu finalnego [2].

Do zainicjowania procesu fermentacji niezbędny jest dodatek startera. W produkcji tempeh najczęściej stosowane są sporangiospores pozyskane z pleśni *Rhizopus oligosporus* [29]. Ilość dodawanego szczepu jest bardzo ważna i decyduje

o jakości gotowego produktu. Zbyt niski dodatek powoduje nierówny wzrost tempeh, dłuższy czas fermentacji i zwiększa ryzyko zanieczyszczenia przetrwalnikami bakterii. Zbyt duża dawka startera jest przyczyną wzrostu temperatury wewnątrz produktu i przedwczesnej inaktywacji szczepu. Proces fermentacji zapewnia rozkład enzymatyczny zawartych w soi składników. W konsekwencji wzrasta zawartość wolnych aminokwasów, rozpuszczalnych w wodzie związków azotowych, kwasów tłuszczowych oraz witamin. Wyżej wymienione zmiany nadają finalnemu produktowi pożądany, charakterystyczny smak i zapach oraz ciastowatą konsystencję [18].

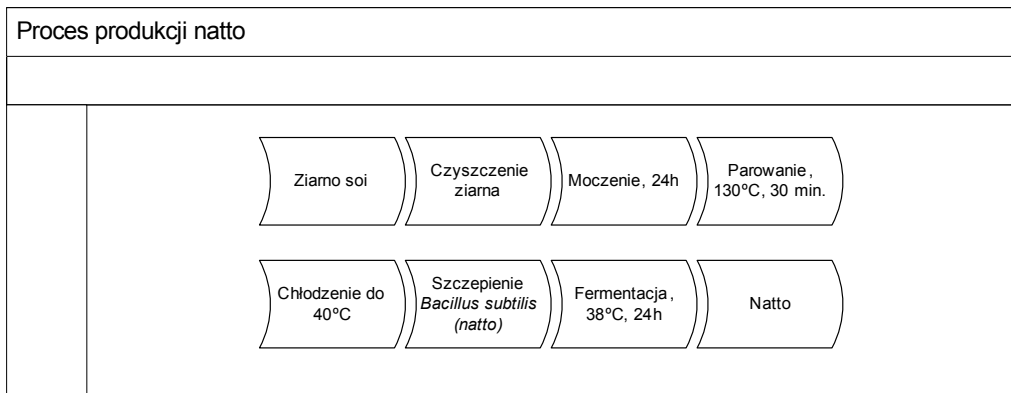


Rys. 2. Schemat procesu produkcji tempeh [16].

Produkcja tradycyjnego tempeh rozpoczyna się od namaczania i gotowania ziarna soi przez około 30 minut. Ugotowane ziarna odsącza się, oddziela od nich łuskę i rozdrabnia. W przypadku produkcji na skalę przemysłową, stosuje się metodę obróbki ziarna na sucho. Kolejnym etapem wytwarzania jest moczenie ziarna i jego odsączenie. W procesach obróbki wstępnej zwiększa się zawartość suchej masy w ziarnie, niszczone są substancje antyodżywcze oraz stworzone zostają warunki sprzyjające aktywności mikrobiologicznej organizmów biorących udział w późniejszej fermentacji. Ugotowane, wystudzone ziarno zakwasza się kwasem mlekowym lub octowym, a następnie poddaje fermentacji i inkubacji przez 24 do 72 godzin, w zależności od zastosowanej temperatury

Szczep *Rhizopus oligosporus* oprócz enzymu fitazy rozkładającego wyżej wymienione substancje, produkuje również ergosterol, z którego po przekształceniu powstaje witamina D₂ [3].

Ze względu na charakterystyczny grzybowy smak i dobrą absorpcję zapachów tempeh stosuje się głównie do produkcji sosów do spaghetti, zup, sałatek, ostrych potraw, a także zapiekanek i wegetariańskich burgerów, klopsów i bekonu. Może być on duszony, smażony w głębokim oleju, marynowany lub suszony w celu użycia go jako dodatku do innych potraw [16]. Jako półprodukt do wykorzystania w warunkach domowych często występuje w zalewie z sosu sojowego lub w formie mrożonej [28]. Świeży tempeh powinien być przechowywany w temperaturze chłodniczej maksymalnie do 10 dni, w stanie zamrożonym zachowuje dobrą jakość przez kilka miesięcy.



Miso jest jednym z najlepiej znanych fermentowanych produktów sojowych spożywanych w Japonii, a jego popularność stale wzrasta, również poza granicami tego kraju. Charakteryzuje się pastowatą, smarowną konsystencją i słono-słodkim smakiem. Pasta miso stosowana jest jako baza do zup, sosów i marynat do mięsa, ryb i warzyw, a także jako przyprawa. W skład suchej masy miso wchodzi: węglowodany – 45%,

Rys. 6. Schemat procesu produkcji natto [5].

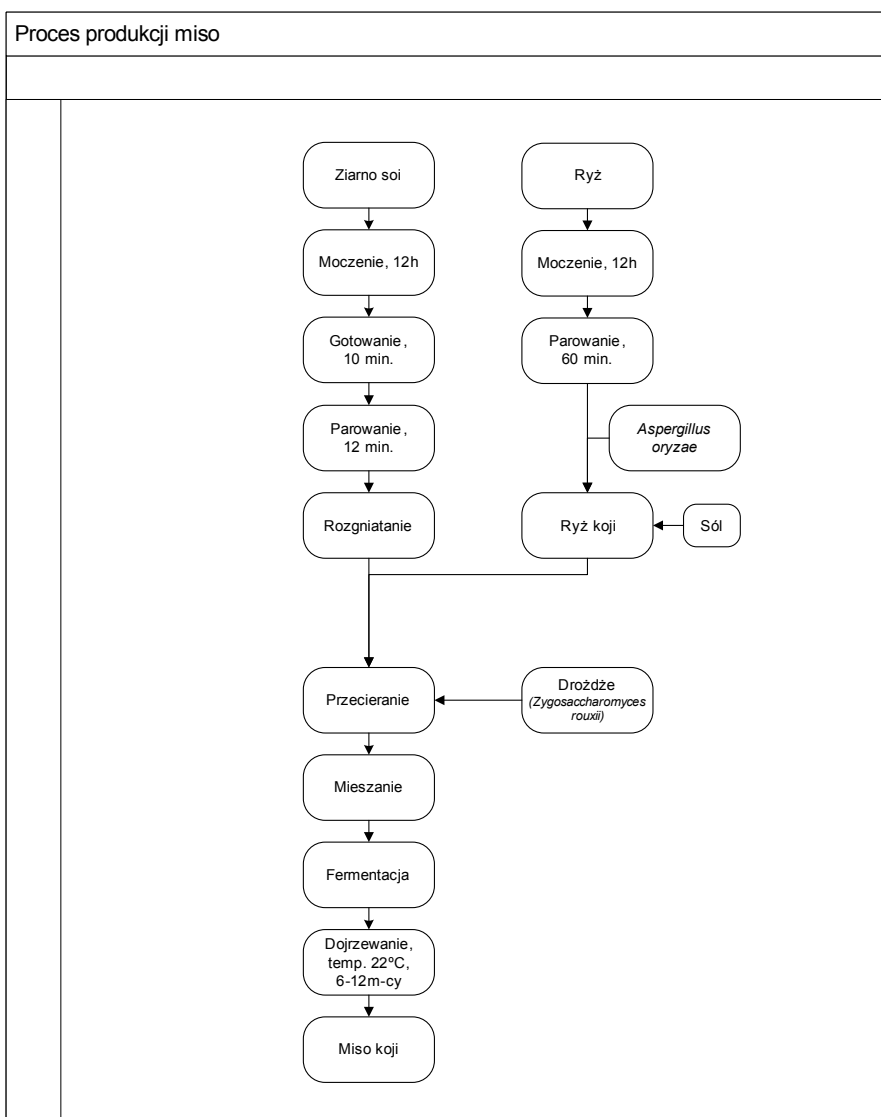
Spożycie natto postrzegane jest jako korzystne dla zdrowia – wykazuje działanie antykancerogenne oraz zapobiega utracie masy kostnej poprzez zwiększenie cyrkulacji witaminy K w organizmie. Obecna w natto natokinaza zapobiega powstawaniu zakrzepów krwi, co jest czynnikiem prewencji chorób układu krwionośnego [27, 22]. Charakterystyczne cechy sensoryczne tego produktu sprawiają, że pomimo znaczącej zawartości składników aktywnych, natto nie cieszy się popularnością w krajach zachodnich.

białko – 20%, popiół – 25% i tłuszcze – 10% [17]. Ze względu na wysoką zawartość białka oraz obecność witaminy B₁₂ powstającej podczas fermentacji, stosowane jest ono często jako analog mięsa w dietach wegetariańskich. Miso jest źródłem magnezu i cynku oraz znacznych ilości izoflawonów, które wykazują działanie antykancerogenne [31].

Pasta miso powstaje na skutek ugniatania mieszanki ziaren soi z ewentualnym dodatkiem ryżu, pszenicy lub jęczmienia, która następnie jest fermentowana w solance o zawartości

NaCl około 12% [20]. W czasie następującego potem około pięćdziesięciodniowego dojrzewania pasty, białko rozkładane jest do wolnych aminokwasów i krótkołańcuchowych polipeptydów, co nadaje mu charakterystyczne cechy smakowo-zapachowe. Pasta, która dojrzewa dłużej niż 12 miesięcy stosowana jest jako przyprawa dodawana do gotowych dań [17]. Podczas produkcji miso, oprócz szczepu *Aspergillus oryzae* dodawanego do ryżu, zaangażowane są również odporne na działanie soli bakterie mlekowe, w szczególności halofilny szczep *Tetragenococcus halophila*. Warunkuje on produkcję kwasów, a więc obniżenie pH, wytwarzanie pożądanego aromatu i maskowanie zapachów niepożądanych, a także wzrost drożdży. Za utrzymanie jasnego koloru past odpowiedzialny jest szczep *Enterococcus faecalis*, występujący głównie w początkowej fazie fermentacji. Negatywny wpływ na zapach oraz brązowy kolor miso wywołuje zanieczyszczający produkt szczep *Bacillus subtilis*. Do past, w których ogranicza się udział soli kuchennej dodawane są bakterie kwasu mlekowego. Zabezpieczają one produkt przed rozwojem niepożądanych bakterii [20]. Komercyjnie dostępne pasty miso mogą być dodatkowo utrwalane przez pasteryzację.

Metodą fermentacji ziaren soi, zwykle z dodatkiem zbóż, wytwarzane są również tradycyjnie stosowane w kuchni azjatyckiej sosy sojowe. **Shoyu** to brązowy sos pozyskiwany z mieszanki ziaren soi i zbóż poddanych procesowi dwustopniowej fermentacji. Tradycyjna metoda produkcji sięga



Rys. 7. Schemat procesu produkcji miso [31].

ga setek lat i opiera się na 6-8 miesięcznej fermentacji przy

użyciu szczepu *Aspergillus oryzae* i *A. sojae*, które przekształcają trudne do strawienia białka, skrobię i tłuszcze w łatwo wchłaniane wolne aminokwasy, cukry proste i kwasy tłuszczowe [13]. Wartość odżywcza shoyu nie jest wysoka, sos zawiera jedynie 5% białka, jest ubogi w isoflawonoidy i zawiera nawet do 17% chlorku sodu [11]. Podstawową funkcją shoyu jest aromatyzowanie potraw. Za jego odpowiedni aromat odpowiedzialny jest szczep drożdży *Zygosaccharomyces rouxii*, który wywołuje fermentację alkoholową i skraca całkowity czas trwania fermentacji. Ze względu na różną konsystencję, charakterystyczny aromat i barwę wyróżnia się pięć rodzajów shoyu. Różnice w poszczególnych typach wynikają z proporcji ziaren soi do zbóż, zawartości soli oraz z zastosowania różnych parametrów procesu fermentacji. Innym tradycyjnym sosem sojowym jest **tamari**, wytwarzane przez dodanie wody do miso. Uzyskany sos jest dość gęsty, ciemno zabarwiony, o intensywnym, bogatym aromacie i słonym smaku. Występuje w wersji z pszenicą lub może być wytwarzany bez jej udziału. Tamari zawiera około 10% białka oraz znaczące ilości niacyny i magnezu, jednakże biorąc pod uwagę wielkość spożycia, limitowaną intensywnym smakiem, aromatem oraz zawartością soli, tamari nie może być traktowane jako źródło białka w diecie.



Rys. 8. Pasta miso. [<http://1tess.files.wordpress.com/2008/04/3miso6721.jpg>; <http://sushiginger.en.alibaba.com/product/50338870/51458407/Miso.html>]

PODSUMOWANIE

Fermentowane produkty sojowe, będące źródłem wartościowego białka, a także licznych substancji prozdrowotnych stanowią interesującą grupę produktów skierowaną nie tylko do vegetarian, których populacja systematycznie wzrasta, ale również do konsumentów, którzy ograniczają spożycie czerwonego mięsa. Do zainteresowanych tego typu produktami zaliczyć należy także konsumentów okazjonalnie spożywających posiłki bezmięsne oraz poszukujących nowych produktów. Biorąc pod uwagę wysoką wartość odżywczą fermentowanych sojowych zamienników białka zwierzęcego i ich stosunkowo niewielką popularność, wydaje się słuszne rozpowszechnianie wiedzy na temat możliwości ich zastosowania i pozytywnego wpływu na zdrowie.

LITERATURA

- [1] Fang C.Y., Tseng M., Daly M.B.: Correlates of soy food consumption in women at increased risk of breast cancer, *Journal of the American Dietetic Association*, 2005, t. 105, nr 10, 1552-1558.
- [2] Feng M.F., Eriksson A.R.B., Schnuerer J.: Growth of lactic acid bacteria and *Rhizopus oligosporus* during barley tempeh fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, 2005, t. 104, s. 249-256.
- [3] Feng M.F., Passoth V., Eklund-Jonsson C., Alminger M.L., Schnuerer J.: *Rhizopus oligosporus* and yeast co-cultivation during barley tempeh fermentation- nutritional impact and real-time PCR quantification of fungal growth dynamics, *Food Microbiology*, 2007, t. 24, s. 393-402.
- [4] Fridman M. i Brandon D.: Nutritional and health benefits of soy proteins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, 49, s. 1069-1086.
- [5] Gibbs B. F., Zougman A., Masse R., Mulligan C.: Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food, *Food Research International*, 2004, t. 37, s. 123-131.
- [6] Han B.-Z.: Characterization and product innovation of sufu, a Chinese fermented soybean food – Ph.D. thesis Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2003.
- [7] Han B.-Z., Rombouts F.M., Nout M.J.R.: Amino acid profiles of sufu, a Chinese fermented soybean food, *Journal of Food Composition and Analysis*, 2004, t. 17, s. 689-698.
- [8] Hoppe M.B., Jha H.C., Egge H.: Structure of an antioxidant from fermented soybean (tempeh), *JAOCs*, 1997, t. 74, nr 4, s. 477-479.
- [9] Huang Y.-C., Lin W.-J., Cheng C.-H., Su K.-H.: Nutrient intakes and iron status of healthy young vegetarians and nonvegetarians, *Nutrition Research*, 1999, t. 19, nr 5, s. 663-674.
- [10] Karyadi D., Lukito W.: Functional food and contemporary nutrition-health paradigm: tempeh and its potential beneficial effects in disease prevention and treatment, *Nutrition*, 2000, t. 16, nr 7/8, s. 697.



- [11] Kobayashi M., Hayashi K.: Supplementation of NaCl to starter culture of the soy yeast *Zygosaccharomyces rouxii*, Journal of Fermentation and Bioengineering, 1998, t. 85, nr 6, s. 642-644.
- [12] Li-Jun Y., Li-Te L., Zai-Gui L., Tatsumi E., Saito M.: Changes in isoflavone contents and composition of sufu (fermented tofu) during manufacturing, Food Chemistry, 2004, t. 87, s. 587-592.
- [13] Lioe H.N., Wada K., Aoki T., Yasuda M.: Chemical and sensory characteristics of low molecular weight fractions obtained from three types of Japanese soy sauce (shoyu) – Koikuchi, tamari and shiro shoyu, Food Chemistry, 2007, t. 100, nr 4, s. 1669-1677.
- [14] Liu K.S., Hsieh F.-H.: Protein-protein interactions in high moisture-extruded meat analogs and heat-induced soy protein gels, Journal of American Oil Chemistry Soc., 2007, t. 84, s. 741-748.
- [15] Mejia E., Lumen B.: Soybean bioactive peptides: a new horizon in preventing chronic disease, Sexuality reproduction and menopause, 2006, t. 4, nr 2, s. 1-5.
- [16] Nout M.J.R., Kiers J.L.: Tempe fermentation, innovation and functionality: update into third millennium, Journal of Applied Microbiology, 2005, t. 98, s. 789-805.
- [17] Ogasawara M., Yamada Y., Egi M.: Taste enhancer from the long-term ripening of miso (soybean paste), Food Chemistry, 2006, t. 99, s. 736-741.
- [18] Ogawa Y., Tokumasu S., Tubaki K.: An original habitat of tempeh molds, Mycoscience, 2004, t. 45, s. 271-276.
- [19] Omoni A. i Aluko R.: Soybean foods and their benefits: potential mechanisms of action, Nutrition Reviews, 2005, 63, 8, s. 272-283.
- [20] Onda T., Yanagida F., Uchimura T., Tsuji M., Ogino S., Shinohara T., Yokotsyka K.: Widespread distribution of the bacteriocin-producing lactic acid cocci in miso-paste products, Journal of applied microbiology, 2002, t. 92, s. 695-705.
- [21] Rajaram S., Sabate J.: Health benefits of vegetarian diet, Nutrition Volume, t. 16, nr 7-8, s. 531-533, Technology, 2000, t. 212, s. 349-354.
- [22] Rajendran R., Ohta Y.: Binding activity of natto and *Bacillus natto* isolates to mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines, Canadian Journal of Microbiology, 2001, t. 47, nr 10, s. 935-942.
- [23] Sabate J.: Vegetarian Nutrition. CRC Press, Boca Raton, 2001, s. 22-29, 334-353, 495-500.
- [24] Sadler M.J.: Meat alternatives- market developments and health benefits, Trends in Food Science and Technology, 2004, t. 15, s. 250-260.
- [25] Stein K.: FDA approves health claim labeling for foods containing soy protein, Practice points: Translating Research Into Practice, 2000, t. 100, nr 3, s. 292.
- [26] Teng Der-Fend, Lin Chyi-Shen, Hsieh Pao-Chuan: Fermented tofu: Sufu and stinky tofu. In: Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology, CRC Press, 2004, 571-582.
- [27] Tsumamoto Y., Ichise H., Kakuda H., Yamaguchi M.: Intake of fermented soybean (natto) increases circulating vitamin K2 and γ -carboxylated osteocalcin concentration in normal individuals. Journal of Bone and Mineral metabolism, 2000, t. 18, s. 216-222.
- [28] USDA National Nutrient Database: www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl.
- [29] Van Thanh N.: Dormancy, activation and viability of *Rhizopus oligosporus* sporangiospores 2004. www.cabi.org, internet, 6.04.2008.
- [30] Venter Ch.: Health benefits of soy beans and soy products: a review. Journal of Family Ecology and Consumer Sciences, 1999, 27, 1, 24-33.
- [31] Yamabe S., Kobayashi-Hattori K., Kaneko K., Endo H., Takita T.: Effect of soybean varieties on the content and composition of isoflavone in rice-koji miso, Food Chemistry, 2007, t. 100, nr 1, s. 369-374.
- [32] Ziemiański Ś., Budzyńska-Topolowska J.: Wegetarianizm w świetle nauki o żywności i żywieniu, Instytut Danone, Fundacja promocji zdrowego żywienia, Warszawa, 1997, s. 10-15, 45-51, 128-129, 133-141, 150-159.

ANIMAL PROTEIN SUBSTITUTES – TECHNOLOGY, NUTRITION VALUE, USAGE

Part I

NON-TRADITIONAL SOURCES OF PROTEIN – FERMENTED SOYBEAN PRODUCTS

SUMMARY

Soybean is the most commonly used animal protein substitute globally. It has high nutrition value and can be made into a variety of foods. Fermented soybean products, traditionally consumed in Asia, gradually become popular in Europe and America, as a result of their rich and specific flavor and high content of protein, unsaturated fatty acids and bioactive compounds beneficial for health.