

Przechowalnictwo i przetwórstwo

PATATYNA – BIAŁKO ZIEMNIAKA O CENNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH

PATATIN – THE POTATO PROTEIN WITH A VALUABLE PROPERTIES

mgr inż. Dorota Szarek¹, dr inż. Agnieszka Przewodowska²

¹Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny

²IHAR-PIB Oddział w Boninie, e-mail: a.przewodowska@ihar.edu.pl

Streszczenie

Bulwy ziemniaka zawierają ok. 2% białek, z których dużą grupę stanowi patatyna (40%), następnie inhibitory proteaz – 50% i pozostałe białka w ilości 10%. Na szczególne wyróżnienie zasługuje patatyna ze względu na wiele ciekawych właściwości. Jest dimerem, czyli białkiem złożonym z dwóch podjednostek, o masie ok. 44 kDa każda. Biochemicznie patatyna jest kompleksem polisacharydowo-białkowym, w którego skład wchodzi takie cukry jak mannoza, glukoza i ramnoza. Patatyna posiada szereg izomerów, które są niemal identyczne i nierozróżnialne immunologicznie. Ma właściwości pianotwórcze i aktywność lipolityczną, której przypisuje się właściwości antymikrobiologiczne. Dodatkowo wykazano, że białko to ma właściwości antyoksydacyjne i antyproliferacyjne. Enzym ten w przyszłości może znaleźć zastosowanie, jako substytut białek pochodzenia zwierzęcego, do klarowania napojów w przemyśle spożywczym. Celem publikacji jest szczegółowe przedstawienie budowy i unikatowych właściwości patatyny, które mogą zostać wykorzystane w przemyśle.

Słowa kluczowe: białko, patatyna, ziemniak

Abstract

Potato tubers contain approx. 2% of proteins, including, a large group of patatin (40%), followed by protease inhibitors - 50%, and consequently, the remaining 10% constitute other proteins. Due to a number of interesting properties, obviously, especially interesting is patatin. In the native form, the protein is a dimer, composed of two subunits, weighing approx. 44 kDa each. Biochemically, patatin is a complex polysaccharide-protein, consisting of sugars such as mannose, glucose, and rhamnose. In

addition, the patatin has a number of isomers, which are almost identical and indistinguishable immunologically. Furthermore, the protein has foaming properties and lipolytic activity, both credited with antimicrobial properties. It was further found, that the patatin has also antioxidant properties and anti-proliferative effects. Consequently, in future, this enzyme may be used as a substitute of animal proteins, for the clarification of beverages in the food industry. Therefore, the aim of this work is to detail the molecular structure and unique features of patatin, which can be used in the industry.

Keywords: patatin, potato, protein

Bulwy ziemniaka (*Solanum tuberosum*) są bogate w składniki odżywcze, skrobię, białko, błonnik pokarmowy oraz składniki mineralne i witaminy (Gabriel 1985). Dodatkowo są niskokaloryczne, dzięki czemu zalecane jako element zbilansowanej diety (Leszczyński 2012).

Produkty z ziemniaków mogą mieć również niższy indeks glikemiczny (IG), ale jest on zależny od sposobu obróbki termicznej (tab. 1). Cecha ta jest szczególnie ważna dla osób chorych na cukrzycę typu II (Tian i in. 2016).

Wysokowartościowe białka obecne w bulwach ziemniaka dzielimy na trzy podstawowe grupy: patatyny, inhibitory proteaz i inne białka o masie 50-120 kDa (rys. 1). Patatyna (tuberyna) to rozpuszczalne białka, które pierwszy raz zostały sklasyfikowane w 1980 r. przez Racusena i Foote'a (Phillips,

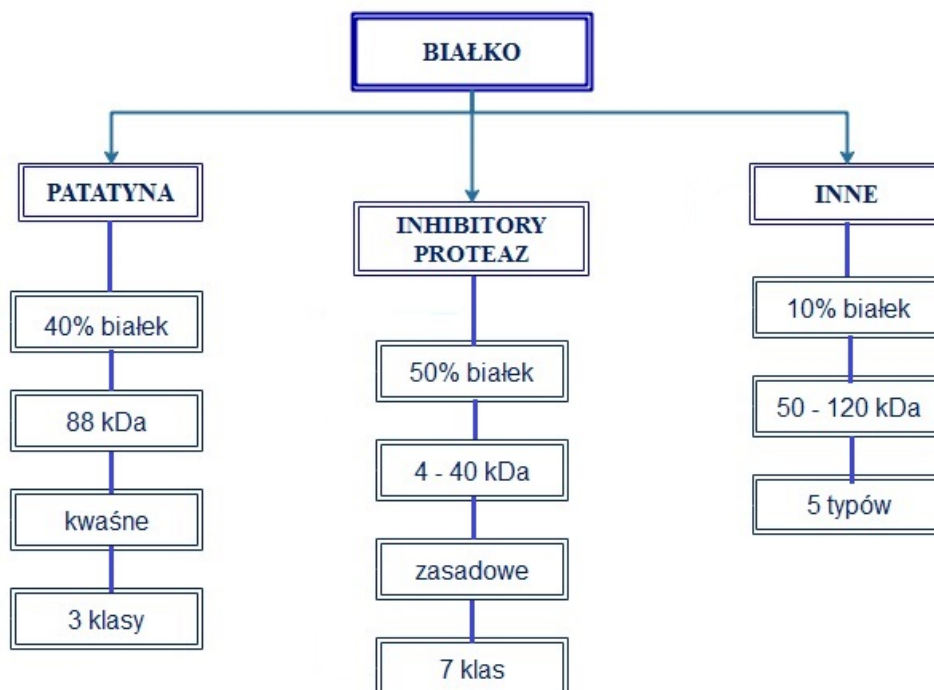
Williams 2011). Jest to grupa kwaśnych protein stanowiących ok. 40% wszystkich białek w bulwach. Patatyna występuje w postaci dimeru o masie cząsteczkowej 88 kDa, a masa cząsteczkowa każdej z podjednostek wynosi 44 kDa (rys. 2).

Tabela 1

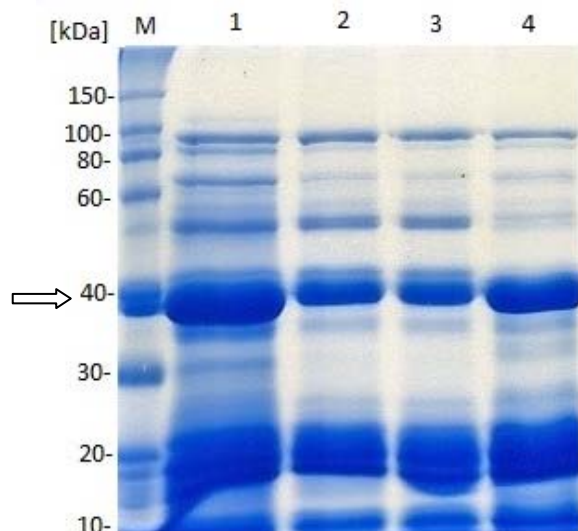
Indeks glikemiczny ziemniaków w zależności od obróbki termicznej

Proces termiczny	IG
Frytki (180°C, 8 min)	56,6
Pieczenie (200°C, 50 min)	67,8
Chipsy	74,3
Gotowanie (25 min)	99,6

Źródło: Tian i in. 2016



Rys. 1. Główne grupy białek występujących w bulwach ziemniaka
Źródło: Bauw i in. 2006; Markiewicz, Barnyk 2010; Schoenbeck i in. 2013



Rys. 2. Rozdział elektroforetyczny białek ziemniaka. M – marker białkowy; 1-4 – białka ziemniaka

Struktura patatyny stabilizowana jest przez niekowalencyjne oddziaływania hydrofobowe (Markiewicz, Barnyk 2010; Phillips, Williams 2011). Temperatura denaturacji tego białka wynosi 59°C, a najbardziej stabilną konformację utrzymuje ono w pH 6 (Creusot i in. 2011, Koningsveld i in. 2006).

Patatyna jest białkiem zapasowym w bulwach, które dodatkowo ma wiele aktywności enzymatycznych skierowanych przeciwko drobnoustrojom i zdolność dezaktywacji wolnych rodników. Sumaryczna ilość białek należących do grupy patatyn zależy od liczby kopii genów, które są odpowiedzialne za ich ekspresję.

Wykazano, że brak odpowiedniej ilości opadów w lipcu i sierpniu w połączeniu z wysoką temperaturą może powodować uszkodzenie aparatów fotosyntetycznych

roślin, czego efektem są bulwy o małych rozmiarach i mniejszej ilości białek, w tym patatyny (Barta, Bartova 2008).

Patatyna to kompleks polisacharydowo-białkowy, w którym łańcuch węglowodanowy składa się z czterech cukrów prostych: ramnozy, mannozy, glukozy i galaktozy (tab. 2).

Rodzina patatyn składa się z siedmiu różnych pod względem strukturalnym izoform (Bauw i in. 2006; Phillips, Williams 2011). Wszystkie izoformy tych białek w 84-96% są identyczne pod względem sekwencji aminokwasowej i nierozróżnialne immunologicznie (Phillips, Williams 2011). Dodatkowo sześć z nich posiada niespecyficzną aktywność lipolityczną, katalizując hydrolizę fosfolipidów, glikolipidów, sulfolipidów oraz mono- i diacylogliceroli, dzięki czemu białka te wykazują wysoką aktywność enzymatyczną i antydrobnoustrojową (Sharma i in. 2004).

Unikatowe właściwości patatyny sprawiają, że jest ona białkiem atrakcyjnym pod względem badawczym. Szczególnie interesująca jest zdolność patatyny do oddziaływania z mikroorganizmami chorobotwórczymi dla ziemniaka. W 2004 r. zespół Neelam Sharma wyizolował nową izoformę patatyny, której nadano nazwę patatyna J. Enzym ten otrzymano z bulw odmiany uzyskanej na drodze somatycznej hybrydyzacji meksykańskiego gatunku ziemniaka *Solanum bulbocastanum* z *Solanum tuberosum*. Wykorzystany do krzyżówki dziki gatunek meksykańskiego ziemniaka znany jest z dużej odporności polowej na zarazę – *Phytophthora infestans* (Sharma i in. 2004).

Tabela 2

Skład chemiczny patatyny

	Białko (%)	Cukry (%)	Cukry proste (mol %)			
			ramnoza	mannoza	glukoza	galaktoza
Patatyna	64	36	41	30	21	8

Źródło: Sun i in. 2013

Analiza sekwencji aminokwasowej patatyny J wykazała, że ma ona dwa razy więcej reszt leucyny i dziesięć razy więcej lizyny w porównaniu z izoformami z *S. tuberosum*. Autorzy badań sugerują, że różnica ilości reszt aminokwasowych, w szczególności

polarnej lizyny, może mieć wpływ na antymikrobiologiczne właściwości patatyny. Zaobserwowano, że aktywna patatyna generuje toksyczne dla drobnoustrojów pochodne kwasów tłuszczowych (Sharma i in. 2004).

Oprócz właściwości antydrobnoustrojo-

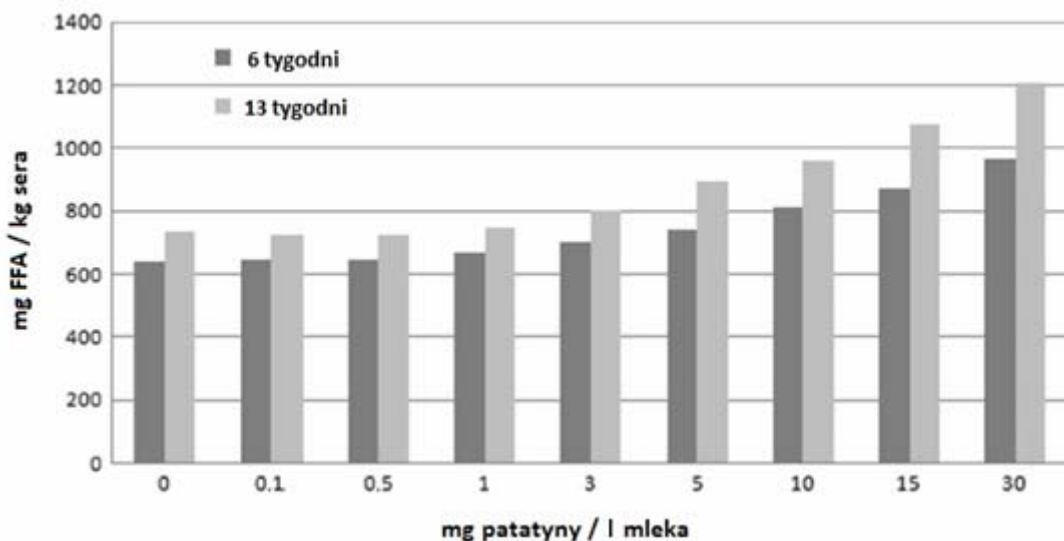
wych patatyna reaguje z wolnymi rodnikami, powodując ich dezaktywację. Wolne rodniki, czyli reaktywne formy tlenu (ang. ROS – reactive oxygen species), to cząsteczki aktywne, posiadające niesparowany elektron lub wiązanie O – O zdolne do udziału w metabolicznych reakcjach chemicznych. Wpływają na procesy starzenia, degenerują makrocząsteczki, powodują niestabilność chromosomów oraz mutacje genetyczne (Liu i in. 2003).

Badania prowadzone przez zespół Ying Sun (Sun i in. 2013) wykazały, że patatyna ma właściwości antyoksydacyjne. Enzym ten zawiera związki, które potencjalnie mogą być dawcami elektronów i reagować z wolnymi rodnikami w celu przekształcenia ich w produkty stabilne. Patatyna ma mniejsze właściwości redukujące niż kwas askorbinowy, natomiast większe niż hydrolizat białka kurzego. Dodatkowo potrafi inhibować peroksydację lipidów i może pełnić rolę membrany chroniącej je przed czynnikami utleniającymi. Z tego punktu widzenia zastosowanie patatyny w produkcji żywności może zapobiec oksydacji kwasów tłuszczowych niekorzystnie wpływających na jakość żywności (Sun i in. 2013).

Oprócz aktywności lipolitycznej, antymikrobiologicznej i antyoksydacyjnej patatyna wykazuje właściwości przeciwo proliferacyjne.

Ying Sun i inni (2013) przebadali wpływ enzymu na komórki czerniaka B16 u myszy. Otrzymane wyniki wykazały, że enzym powoduje zatrzymanie cyklu komórkowego na etapie intensywnych procesów syntezy białek i lipidów oraz wzrostu komórek. Przy stężeniu 20 mg/ml patatyny w czasie 48 godzin 24% komórek nowotworowych uległo apoptozie, czyli śmierci komórkowej.

Ze względu na swoje właściwości patatyna jest nie tylko ciekawym obiektem badawczym, ale może również znaleźć zastosowanie w przemyśle. Potencjalnym zastosowaniem patatyny w przemyśle spożywczym jest wykorzystanie jej przy produkcji serów. Smak dojrzałego sera jest wynikiem szeregu procesów biochemicznych, w których biorą udział enzymy lipolityczne. Hydroliza trójglicerydów zawartych w mleku prowadzi do wytworzenia wolnych kwasów tłuszczowych (ang. FFA – free fatty acids) oraz mono- i diacyloglicerydów (rys. 3). Specyficzne FFA nadają różne smaki, od ostrego, gryzącego do gorzkiego. Podstawowym źródłem czynników hydrolizujących lipidy są bakterie, pleśń czy drożdże. Zastosowanie endogennych lipaz dodatkowo wzmacnia smak sera oraz przyspiesza ich dojrzewanie. Dostępne obecnie enzymy to najczęściej złożone preparaty wyizolowane z jednego lub więcej mikroorganizmów (Spelbrink i in. 2015).



Rys. 3. Wpływ różnych dawek patatyny na wytwarzanie wolnych kwasów tłuszczowych – FFA w serze przez 6 i 13 tygodni (Spelbrink i in. 2015)

Robin i inni (Spelbrink i in. 2015) zbadali wpływ patatyny podczas dojrzewania sera gouda. Przeprowadzono badania organoleptyczne i biochemiczne, aby ocenić efekty działania enzymu. Na rysunku 3 pokazano, że od dawki 3 mg patatyny/l mleka niezależnie od czasu dojrzewania ilość uwalnianych FFA jest większa, co ma wpływ na walory smakowe sera. Optymalizacja reakcji uruchamianych przez patatynę podczas procesu dojrzewania serów w przyszłości może zaprocentować jej stałym wykorzystaniem w przemyśle mleczarskim (Spelbrink i in. 2015). Badania wskazują, że produkty z dodatkiem patatyny mogą stanowić alternatywę dla osób uczulonych na białka pochodzenia zwierzęcego.

Patatyna okazała się również bardzo dobrym czynnikiem klarującym napoje alkoholowe, jej aktywność jest porównywalna z komercyjnie używaną żelatyną. Dodatek patatyny zmniejsza zawartość fenoli, waniliny, flawonów i taniny w czerwonym winie, co podnosi jego walory smakowe, zmniejszając cierpkość. Wykorzystanie patatyny jest też atrakcyjne ekonomicznie ze względu na fakt, że może być produkowana z odpadów przemysłu ziemniaczanego (Gambuti i in. 2016).

W Pracowni Diagnostyki Molekularnej i Biochemii IHAR-PIB w Boninie prowadzone są obecnie badania nad opracowaniem efektywnej metody pozyskiwania aktywnej enzymatycznie patatyny z soku ziemniaka. W badaniach wykorzystuje się jonowymienne membrany chromatograficzne, które pozwalają na pozyskiwanie skoncentrowanych białek w krótkim czasie, bez utraty ich aktywności.

Literatura

1. Barta J., Bartova V. 2008. Patatin, the Major Protein of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers, and its Occurrence as Genotype Effect: Processing Versus Table Potatoes. – Czech J. Food Sci. 26: 353-355; **2. Bauw G., Nielsen H. V., Emmersen J., Nielsen K. L., Jørgensen M., Welinder K. G. 2006.** Patatins, Kunitz protease inhibitors and other major proteins in tuber of potato cv. Kuras. The FEBS J. 273: 3569, 3572, 3574-3576, 3580; **3. Creusot N., Wierenga P. A., Laus M. C., Giuseppin M. L. F., Gruppen H. 2011.** Rheological properties of patatin gels compared with β -lactoglobulin, ovalbumin, and glycinin. – Sci. 91:

259; **4. Gabriel W. 1985.** Biologia ziemniaka. PWN Warszawa; **5. Gambuti A., Rinaldi A., Moio L. 2012.** Use of patatin, a protein extracted from potato, as alternative to animal proteins in fining of red wine – Eur. Food Res. Technol. 235: 763-764; **6. Gambuti A., Rinaldi A., Romano R., Manzo N., Moio L. 2016.** Performance of a protein extracted from potatoes for fining of white musts. – Food Chem. 190: 237-238, 240, 242; **7. Koningsveld G. A. van, Walstra P., Voragen A. G., Kuijpers I. J., Boekel M. A. van, Gruppen H. van 2006.** Effects of Protein Composition and Enzymatic Activity on Formation and Properties of Potato Protein Stabilized Emulsions. – J. Agric. Food Chem. 54: 6419-6427; **8. Leszczyński W. 2012.** Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przegląd literatury). – Biul. IHAR 266: 6, 9-11; **9. Liu Y. W., Han C. H., Lee M. H., Hsu F. L., Hou W. C. 2003.** Patatin, the Tuber Storage Protein of Potato (*Solanum tuberosum* L.), Exhibits Antioxidant Activity in Vitro. – J. Agric. Food Chem. 51: 4389-4393; **10. Markiewicz M., Barnyk A. 2010.** Białka aktywne biologicznie obecne w soku pokrochmalnianym. – Ziemn. Pol. 2: 1-5; **11. Phillips G. O., Williams P. A. 2011.** Handbook of Food Proteins. – Woodhead Publ. 12: 317-321, 327-328; **12. Schoenbeck I., Graf A. M., Leuthold M., Pastor A., Beutel S., Scheper T. 2013.** Purification of high value proteins from particle containing potato fruit juice via direct capture membrane adsorption chromatography. – J. Biotechnol. 168: 693, 699-700; **13. Sharma N., Gruszewski H. A., Park S. W., Holm D. G., Vivanco J. M. 2004.** Purification of an isoform of patatin with antimicrobial activity against *Phytophthora infestans*. – Plant Physiol. Biochem. 42: 647-652; **14. Spelbrink R. E. J., Lensing H., Egmond M. R., Giuseppin M. L. F. 2015.** Potato Patatin Generates Short-Chain Fatty Acids from Milk Fat that Contribute to Flavour Development in Cheese Ripening. – Appl. Biochem. Biotechnol. 176: 231-233, 237-242; **15. Sun Y., Jiang L., Wei D. 2013.** Partial characterization, in vitro antioxidant and antiproliferative activities of patatin purified from potato fruit juice. – Food Funct. 4: 1506-1509; **16. Tian J., Chen J., Ye X., Chen S. 2016.** Health benefits of the potato affected by domestic cooking: A review. – Food Chem. 202: 172-173; **17. Udenigwe C. C., Udechukwu M. C., Yiridoe C., Gibson A., Gong M. 2016.** Antioxidant mechanism of potato protein hydrolysates against in vitro oxidation of reduced glutathione. – J. Funct. Foods. 20: 195-203