

ANNA PEKSA
ELŻBIETA RYTEL
AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK
AGNIESZKA KITA
MARIA PYTLARZ-KOZICKA ¹
JOANNA MIEDZIANKA

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Porównanie składu aminokwasowego preparatów białkowych uzyskanych z bulw ziemniaka uprawianych systemem ekologicznym i konwencjonalnym

The comparison of amino acid composition of the protein in preparations obtained from potato tubers cultivated within ecological and conventional systems

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu termicznej koagulacji białek w soku ziemniaczanym uzyskanym z bulw trzech odmian ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym na skład aminokwasowy i wartość odżywczą uzyskanych koncentratów białkowych. W uprawie ziemniaka systemem ekologicznym stosowano użyźniacz glebowy i fungicyd, miedzian 50 WP, a w uprawie systemem konwencjonalnym nawożenie wysokimi dawkami NPK, herbicydy, insektycydy i fungicydy. Koagulację białka w soku przeprowadzono z udziałem CaCl_2 . Oznaczono skład chemiczny otrzymanych preparatów oraz zawartość 18 aminokwasów w białku ogółem, po uprzedniej hydrolizie białka, przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów. Koncentraty białkowe otrzymane z bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały więcej związków azotowych, w tym form azotu białkowego niż preparaty uzyskane z soku bulw pochodzących z uprawy konwencjonalnej. Również w składzie aminokwasowym wyodrębnionych białek stwierdzono więcej takich aminokwasów egzogennych, jak: leucyna, fenyloalanina i tyrozyna oraz treonina, a wśród pozostałych aminokwasów więcej kwasu asparaginowego, seryny i glicyny. Wskaźnik wartości odżywczej CS badanych koncentratów, w zależności od przyjętego białka wzorcowego był zbliżony lub przewyższał wartości przewidziane dla standardu, szczególnie gdy preparaty pochodziły z surowca uprawianego systemem ekologicznym.

Słowa kluczowe: białko ziemniaka, koncentraty, system uprawy, wartość odżywcza

The aim of the experiment was to study the influence of thermal coagulation of protein in potato juice isolated from tubers of three potato varieties cultivated conventionally and in ecological system on amino acid composition and nutritive value of obtained preparations. A soil fertilizer and copper salt

50 WP as a fungicide were used within ecological system of potato cultivation and in conventional system fertilizing with high doses of NPK, herbicides, insecticides and fungicides were applied. Protein coagulation was performed in juice containing dissolved CaCl_2 . After suitable hydrolysis of the obtained concentrates, the chemical composition and contents of 18 amino acids were determined in total protein with the use of automatic amino acid analyser. Potato protein concentrates (PPC) obtained from tubers cultivated within ecological system contained more nitrogen compounds and also forms of protein nitrogen than there were found in preparations originating from juice of tubers cultivated conventionally. Also, in amino acid composition of isolated protein we found more such essential amino acids as Leucine, Phenylalanine, Tyrosine and Threonine. Among remaining amino acids in PPC originating from potatoes cultivated within ecological system there was more of Asparagine acid, Serine and Glycine. Chemical Score (CS) expressing nutritive value of studied concentrates, in dependence of protein standard chosen for comparison occurred similar or higher than it was established for standard, particularly in the case of preparations obtained from tubers cultivated within ecological system.

Key words: concentrates, cultivation system, nutritive value, potato protein

WSTĘP

Okolo 75% obecnych w ziemniakach białek stanowią frakcje rozpuszczalne w wodzie, w roztworach soli, alkoholi czy słabych roztworach zasad, przy czym okolo 50% azotu ogólnego wchodzi w skład dwóch dużych frakcji: albumin rozpuszczalnych w wodzie i wodnych roztworach soli oraz globulin rozpuszczalnych wyłącznie w słabych roztworach soli (Seibles, 1979; Løkra. i in., 2008; Pęksa i in., 2009). Jak dowodzą badania różnych autorów prowadzone od wielu lat (Kapoor i in., 1975; Knoop, 1978) większość frakcji białkowych budujących białko ziemniaka charakteryzuje się dobrze zbilansowanym składem aminokwasowym i wysoką wartością odżywczą o czym świadczą odpowiednie wskaźniki: CS w przedziale 57–96 (Kapoor i in., 1975; Mitrus i in., 2003; Pęksa i in., 2009) czy BV w przedziale 45–88 (Eppendorfer i Eggum, 1994). Chemiczne wskaźniki takie, jak np. CS (chemiczny wskaźnik punktowy) umożliwiają w prosty i szybki sposób określenie jakości badanego białka poprzez porównanie jego składu aminokwasowego ze składem białka przyjętego za wzorcowe oraz wskazanie aminokwasu ograniczającego. Oprócz zmodyfikowanego w roku 1991 przez Komitet Ekspertów FAO/WHO składu aminokwasowego białka wzorcowego, proponuje się nowsze wzorce, jak np. opracowany przez WHO/FAO/UNU w 2007 roku, o mniejszej ilości aminokwasów odpowiadający aktualnym badaniom zapotrzebowania człowieka na aminokwasy (Gawęcki, 2011).

Aminokwasami ograniczającymi wartość odżywczą białka ziemniaka mogą być, zależnie od odmiany, warunków uprawy i przechowywania, leucyna, izoleucyna (Mitrus i in., 2003), metionina, cysteina oraz rzadziej treonina i lizyna (Eppendorfer i Eggum, 1994; Rodrigues i in., 2010) oraz walina (Stankiewicz i in., 2008). Białko ziemniaka jest szczególnie bogate w takie aminokwasy, jak kwas glutaminowy i asparaginowy, które stanowią 30–50% wszystkich aminokwasów w bulwach. W mniejszych, ale znaczących ilościach (4–8%) występują leucyna, walina, alanina, lizyna i arginina, natomiast metionina i histydyna stanowią niewielki udział w białku ziemniaka (Danilchenko i in., 2008).

Warunki uprawy i przechowywania ziemniaka mają wpływ na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw, w tym na ilość aminokwasów (Danilchenko i in., 2008;

Stankiewicz i in., 2008). W badaniach Eppendorfer i Eggum (1994) oraz Mitrusa i wsp. (2003) intensywne nawożenie azotowe przyczyniało się do zmniejszenia zawartości sumy aminokwasów egzogennych, natomiast Wyszowski (1996), Cieccko i in. (2004), Stankiewicz i in. (2008) stwierdzili, że wysoki poziom nawożenia azotowego i potasowego wiąże się ze zwiększeniem zawartości aminokwasów egzogennych w ziemniaku. Według Eppendorfer i Eggum (1994) zawartość aminokwasów egzogennych w bulwach ziemniaka jest negatywnie skorelowana z poziomem nawożenia, a zmiany udziału aminokwasów egzogennych w sumie wszystkich aminokwasów są wywołane przede wszystkim zmianami we frakcjach azotu niebiałkowego, szczególnie wolnych aminokwasów oraz amidów, które stanowią około 40–60% białka ogólnego w bulwach. Według Eppendorfer i Eggum (1994) niedobór w glebie siarki przyczynia się do zmniejszenia zawartości w białku ziemniaka aminokwasów siarkowych, cysteiny i metioniny oraz powoduje odchylenia od stałej zależności pomiędzy zawartością azotu i aminokwasów, co można tłumaczyć wpływem tego składnika na metabolizm azotu i skład aminokwasowy białka surowego. Tak, więc ograniczenie nawożenia azotowego jakie m.in. ma miejsce w uprawie ekologicznej ziemniaka może przyczynić się do zwiększenia udziału azotu białkowego oraz aminokwasów egzogennych w białku ogólnym, a tym samym i do zwiększenia udziału tych składników w uzyskiwanych z soku ziemniaczanego preparatach białkowych.

Na skład aminokwasowy i wartość odżywczą preparatów białkowych otrzymanych z soku ziemniaka mają wpływ warunki koagulacji białka. W warunkach laboratoryjnych, szerokie zastosowanie znajdują zarówno metody koagulacji termicznej, jak i kriokoncentracja oraz chromatograficzne i membranowe metody izolacji i rozdziału białek ziemniaka (Wojnowska i in., 1981; Ahlden i Trägårdh, 1992; Ralet i Gueguen, 2000; van Koningsveld i in., 2001), dzięki którym możliwym staje się otrzymanie preparatów o dużej czystości, w tym też zawierających wybrane frakcje białek ziemniaka. W przemyśle stosowane są metody kwasowo-termiczne prowadzące do otrzymania preparatów zawierających około 80% zdenaturowanego białka (Knoor, 1980; Pęksa i in., 2009). W zależności od odczynu soku, w którym prowadzi się koagulację białka, strąceniu ulegają inne frakcje. W warunkach niskiego pH (2–4) łatwo koaguluje przede wszystkim białka o dużej masie cząsteczkowej, w zakresie 32000–87000 Da, w skład których wchodzi około 32% albumin rozpuszczalnych w wodzie (Lindner i in., 1980/81; Pęksa i in., 2009). Frakcje białkowe o masie cząsteczkowej mniejszej od 27 000 Da są rozpuszczalne w kwasach i ulegają koagulacji w środowisku o odczynie obojętnym lub zasadowym i wymagają zastosowania dodatkowego czynnika koagulującego, jakim jest podwyższona temperatura.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu termicznej koagulacji białek w soku ziemniaczanym uzyskanym z bulw trzech odmian ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym na skład aminokwasowy i wartość odżywczą uzyskanych koncentratów białkowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowił sok ziemniaczany otrzymany z nieobranej bulwy odmian ziemniaka jadalnego: dwóch średnio wczesnych (Bartek i Tetyda) i jednej późnej (Zagłoba)

pochodzących z poletek doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy w Pawłowicach Wielkich koło Wrocławia, z sezonu wegetacyjnego 2008. W doświadczeniu polowym zastosowano dwa systemy uprawy: ekologiczny i konwencjonalny (tab. 1). Użyte w badaniach odmiany ziemniaka stanowiły powtórzenia technologiczne.

Tabela 1

Charakterystyka doświadczenia rolniczego
Characteristic of field experiment

System uprawy Cultivation system	Ekologiczny (E) Ecological	Konwencjonalny (K) Conventional
Nawożenie Fertilizing	użyźniacz glebowy dwukrotnie, w ilości 1 kg · ha ⁻¹ natural soil fertilizer, twice (1 kg · ha ⁻¹)	Mocznik/Urea 46% — 160 kg ha ⁻¹ Superfosfat / Super phosphate 46% — 160 kg · ha ⁻¹ Sól potasowa / potassium salt 60% — 240 kg · ha ⁻¹
Odchwaszczanie Weeds removing	Mechaniczne Mechanical	Chemiczne/ Chemical: Avalon 50WP — 2 kg · ha ⁻¹ Targa Super 05 EC — 3 l · ha ⁻¹
Insektycydy Insecticides	—	Fastac 100 EC — 0,1 l · ha ⁻¹ Bancel 50 WP — 0,4 l · ha ⁻¹
Fungicydy Fungicides	2x Miedzian Cupric preparation 50 WP — 3 kg · ha ⁻¹	Altima 500 S.C. — 0,4 l · ha ⁻¹ Curzate M 72,5 WP — 2 kg · ha ⁻¹ 2x Bravo 500 S.C. — 3 l · ha ⁻¹ 2x Tattoo 550 S.C. — 3 l · ha ⁻¹ Miedzian / Cupric preparation 50 WP — 4 kg ha ⁻¹
Odmiany Varieties	Bartek (B), Tetyda (T), Zagłoba (Z)	Bartek (B), Tetyda (T), Zagłoba (Z)

Próby bulw ziemniaka w ilości około 6 kg każdej z odmian, krojono w ćwiartki, dzielono na porcje 2-kilogramowe i zraszano roztworem zapobiegającym ciemnieniu miąższu (10 g Na₂SO₃ + 7,5 g Na₂S₂O₅ / 50 cm³ roztworu wodnego) w ilości 4 cm³ · kg⁻¹ krajanki. Otrzymywano sok przy użyciu sokowirówki, oddzielano skrobię i części tkanki bulw z wykorzystaniem tkaniny filtracyjnej używanej w krochmalnictwie w odwadniaczach próżniowych. Doprowadzano pH klarownego soku do 7 stosując 1M NaOH, a następnie dodawano roztwór CaCl₂ do uzyskania stężenia soli około 0,04% w soku. Białko koagulowano w temperaturze 65–70°C przez 20 minut. Oddzielone w procesie wirowania przy użyciu wirówki przepływowej Centrifuge Stratos firmy Hearaeus skoagulowane białko suszono metodą liofilizacji.

W soku oraz w liofilizowanych koncentratkach określono zawartość suchej substancji poprzez suszenie prób do stałej masy w temperaturze 105°C, azot ogólny metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018; Büchi, 1998), zawartość cukrów stosując metodą redukcyjną oraz popiół całkowity zgodnie z AOAC (1990). Azot ogólny przeliczano na białko stosując współczynnik przeliczeniowy 6,25. (Young i Pellett, 1991). Białko właściwe (koagulujące) strącano alkalicznym roztworem CuSO₄ (metodą Bersteina) (Lisińska i Leszczyński, 1972).

Zawartość aminokwasów oznaczono z wykorzystaniem chromatografii jonowymiennej po 24 godzinnej hydrolizie w warunkach beztlenowych stosując 6M HCl, w temperaturze 105°C (oprócz tryptofanu i aminokwasów siarkowych) (Spackman i in., 1958). Oznaczając zawartość metioniny i cysteiny przeprowadzano osobną hydrolizę kwaśną białek,

poprzedzoną reakcją z kwasem nadmówkowym w temperaturze 0°C przez 24 godziny (Moore, 1963). Skład aminokwasowy określano przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów typ AAA T 339 firmy „Mikrotechna” produkcji czeskiej. Tryptofan oznaczano przeprowadzając hydrolizę zasadową białka, z użyciem 4M roztworu LiOH, w temperaturze 105°C przez 16 godzin w warunkach beztlenowych i mierząc ekstynkcję roztworu barwy niebieskofioletowej powstałej na skutek utleniania azotynem sodowym produktu kondensacji tryptofanu z p – dwumetyloaminobenzaldehydem (Spies i Chambers, 1949). Zastosowano chemiczną metodę oceny wartości odżywczej uzyskanych preparatów białkowych obliczając, na podstawie zawartości aminokwasów egzogennych, wskaźnik CS w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007 (Gawęcki, 2011). Zawartość aminokwasów wyrażano wg/16 g N_{og.} (tj. g/100 g białka, w którym 16% stanowi azot).

Otrzymane wyniki badań poddano jednokierunkowej dwuczynnikowej analizie wariancji, stosując pakiet Statistica 10,0. Obliczenia wykonano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Grupy jednorodne określano za pomocą testu porównań wielokrotnych Duncana. Istotność różnic pomiędzy średnimi obliczono na podstawie kryterium najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

WYNIKI I DISKUSJA

Koncentraty białkowe otrzymane w wyniku termicznej koagulacji z soku pochodzącego z ziemniaków uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym wykazywały różnice pod względem składu chemicznego oraz aminokwasowego zawartego w nich białka.

W suchej substancji soku bulw uprawianych systemem konwencjonalnym stwierdzono średnio 12,9% cukrów ogółem, w tym 7,72% cukrów redukujących, oraz 45,8% białka ogólnego (tab. 2), natomiast w suchej substancji soku uzyskanego z bulw uprawianych systemem ekologicznym więcej cukrów ogółem (średnio 18,44%) i redukujących (średnio 13,11%) oraz mniej białka ogólnego (średnio 33,3).

Tabela 2

Skład chemiczny soku ziemniaczanego użytego w badaniach (wartości średnie z trzech odmian ziemniaka)
Chemical composition of potato juice tested in the experiment (average results of three cultivars)

System uprawy System of cultivation	Sucha substancja Dry matter (%)	Cukry redukujące Reducing sugars		Cukry ogółem Total sugars		Białko ogółem Total protein	
		(%)	(% s.s)	(%)	(% s.s/ % d.m)	(%)	(% s.s/ % d.m)
K	5,51	0,43	7,72	0,71	12,9	2,53	45,8
E	4,69	0,60	13,11	0,85	18,44	1,55	33,3
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,04	0,08	1,67	0,07	2,10	0,08	1,50

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

Wielu autorów (Knoor i in., 1977; Eppendorfer i Egum, 1994; Leszczyński, 2000) dowodzi, że intensywne nawożenie azotowe, charakterystyczne w uprawie konwencjonalnej, nie powoduje istotnych zmian zawartości białka właściwego. Może natomiast przyczynić się do zwiększenia zawartości azotu ogólnego, niebiałkowego, a tym samym wpłynąć na udział białka właściwego, koagulującego w białku ogólnym zawartym w

ziemniaku. Zależnie od odmiany ziemniaka udział białka właściwego w białku ogółem może wahać się w przedziale 25–60%. Sok ziemniaczany powstający jako produkt odpadowy w krochmalni zawiera około 5% suchej substancji, w której około 35% stanowią substancje azotowe (białka, peptydy, aminokwasy), około 30% cukry ogółem, 20% składniki mineralne, 4% kwasy organiczne i około 6–10% inne składniki, jak włókno, lipidy czy polifenole (Knoor i in., 1977). W zależności od zastosowanej metody wydzielenia frakcji białkowych z soku otrzymane preparaty zawierają od 30 do kilku procent składników niebiałkowych.

Otrzymane w trakcie badań liofilizowane preparaty (koncentraty) białkowe uzyskane z soku bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały średnio więcej cukrów, białka i popiołu niż koncentraty z surowca uprawianego systemem konwencjonalnym, tj., odpowiednio: 1,78; 63,05; 7,43% i 1,2; 61,18; 5,57% (tab. 3).

Tabela 3

Skład chemiczny koncentratów białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka pochodzących z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej (wartości średnie z trzech odmian ziemniaka)
Chemical composition of protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated within conventional and ecological systems (average results of three cultivars)

System uprawy System of cultivation	Sucha substancja Dry matter (%)	Cukry (95% s.s) Sugars (95% d.m)		Białko (95% s.s) Protein (95% d.m)		Popiół (95% s.s) Ash (95% d.m.)
		redukujące reducing	ogółem total	właściwe coagulable	ogółem total	
K	97,26	0,61	1,20	54,11	61,18	5,57
E	95,18	1,21	1,78	57,37	63,05	7,43
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,80	0,16	0,15	1,71	1,71	0,15

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

Przy czym zawartości cukrów i popiołu całkowitego, niezależnie od systemu uprawy ziemniaka były zbliżone do zawartości tych składników w preparatach białka ziemniaczanego otrzymywanych przez różnych autorów (Knoor i in., 1977; Knoor, 1980; Pęksa 2006), w których cukry ogółem stanowią 0,3–3,6%; popiół całkowity najczęściej 2,5–7,0%. Badane koncentraty w niewielkim stopniu różniły się zawartością białka. Otrzymane z soku ziemniaków uprawianych systemem konwencjonalnym zawierały od 55,32 do 66,12% białka ogólnego i od 59,70 do 66,61% gdy surowcem był sok bulw pochodzących z uprawy ekologicznej. Koncentraty białka ziemniaczanego otrzymywane przez innych autorów, zależnie od technologii izolacji, zawierają od 40 do 85% białka ogólnego (Knoor i in., 1977; Knoor, 1980; Wojnowska i in., 1981; Pęksa 2006). Różnice w składzie chemicznym preparatów mogły mieć również związek z różnym udziałem frakcji białkowych w białku ogólnym bulw uprawianych bez nawożenia mineralnego w stosunku do uprawianych w systemie konwencjonalnym (Eppendorfer i Egum, 1994).

Analizując skład aminokwasowy białka zawartego w otrzymanych preparatach białkowych (tab. 4 i 5), stwierdzono istotny wpływ systemu uprawy na kształtowanie się zawartości niektórych aminokwasów.

Tabela 4

Zawartość aminokwasów egzogennych w koncentratkach białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym (g/16 g N). Wartości średnie z trzech odmian ziemniaka

Essential amino acid contents in protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated in conventional and ecological systems (g/16 g N). Average results of three cultivars

Aminokwas Amino acid	System uprawy System of cultivation	Zawartość AA AA content (g/16 g N)	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	Białko wzorcowe Protein standard	
				FAO/WHO 1991	WHO/FAO UNU 2007
Izoleucyna Isoleucine	K E	3,08 3,36	BIR NSD	2,80	3,01
Leucyna Leucine	K E	6,21 6,90	0,53	6,59	5,30
Lizyna Lysine	K E	4,87 5,45	BIR NSD	5,79	4,50
Metionina + Cysteina Methionine + Cysteine	K E	2,27 2,46	BIR/ NSD	2,50	2,21
Feniloalanina + Tyrozyna Phenylalanine + Tyrosine	K E	6,86 7,80	0,86	6,29	3,81
Treonina Threonine	K E	3,64 4,07	0,29	3,39	2,30
Tryptofan Tryptophan	K E	0,80 0,87	BIR NSD	1,10	0,61
Walina Valine	K E	3,88 4,24	BIR NSD	3,49	3,90
Suma aminokwasów egzogennych The sum of essential amino acids	K E	31,58 35,14	3,37	31,95	25,63

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

NIR — LSD — najmniejsza istotna różnica; least significant difference

BIR — NSD — brak istotnych różnic; not significant difference

Jak wynika z danych w tabeli 4 koncentraty białkowe otrzymane z bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały w porównaniu do pozostałych preparatów więcej takich aminokwasów egzogennych, jak: leucyna, feniloalanina i tyrozyna oraz treonina. Zawartość tych aminokwasów kształtowała się w przedziale, odpowiednio: 6,63–7,08; 7,31–8,12; 3,93–4,16 mg/16 N, gdy analizowane były preparaty uzyskane z bulw uprawianych w systemie ekologicznym oraz w przedziale 5,98–6,44; 6,50–7,12; 3,53–3,79 mg/16 N oznaczone w koncentratkach pochodzących z ziemniaków uprawianych w systemie konwencjonalnym. Zawartość pozostałych aminokwasów w białku badanych koncentratów białkowych była podobna, niezależnie od systemu uprawy. W odniesieniu do zawartości aminokwasów egzogennych w białku wzorcowym FAO/WHO z 1991 roku stwierdzono (szczególnie w preparatach pochodzących z ziemniaków uprawianych w systemie konwencjonalnym) niedobór takich aminokwasów, jak leucyna, lizyna, metionina i cysteina oraz tryptofan. Zawartość sumy aminokwasów egzogennych oznaczonych w białku preparatów otrzymanych z soku bulw uprawianych w systemie ekologicznym była większa i wynosiła średnio 35,14 mg/16 N, a w białku preparatów uzyskanych z bulw pochodzących z uprawy konwencjonalnej 31,58 mg/16 N, przy czym ilości te

dorównywały lub przewyższały zawartość sumy aminokwasów egzogennych w białku wzorcowym (tab. 4).

Zawartość aminokwasów względnie egzogennych, jak histydyna i arginina w białku koncentratów białkowych otrzymanych z bulw uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym była podobna i wynosiła średnio, odpowiednio: 1,51 i 1,73 mg/16 N oraz 3,66 i 4,15 mg/16 N (tab. 5).

Tabela 5

Zawartość aminokwasów względnie egzogennych i endogennych w koncentratkach białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym (g/16 g NW). Wartości średnie z trzech odmian ziemniaka
Relative essential and other amino acid contents in protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated in conventional and ecological systems (g/16 g N). Average results of three cultivars

Aminokwas Amino-acid	System uprawy System of cultivation	Zawartość AA AA content (g/16gN)	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Histydyna*	K	1,51	BIR
Histidine	E	1,73	NSD
Arginina*	K	3,66	BIR
Arginine	E	4,15	NSD
Kwas asparaginowy	K	7,99	1,05
Aspartic acid	E	9,24	
Seryna	K	3,49	0,33
Serine	E	3,91	
Kwas glutaminowy	K	6,25	BIR
Glutamic acid	E	6,98	NSD
Prolina	K	3,08	BIR
Proline	E	3,33	NSD
Glicyna	K	3,05	0,32
Glycine	E	3,44	
Alanina	K	3,06	BIR/
Alanine	E	3,37	NSD
Suma wszystkich aminokwasów	K	63,67	7,72
The sum of all amino acids	E	71,39	

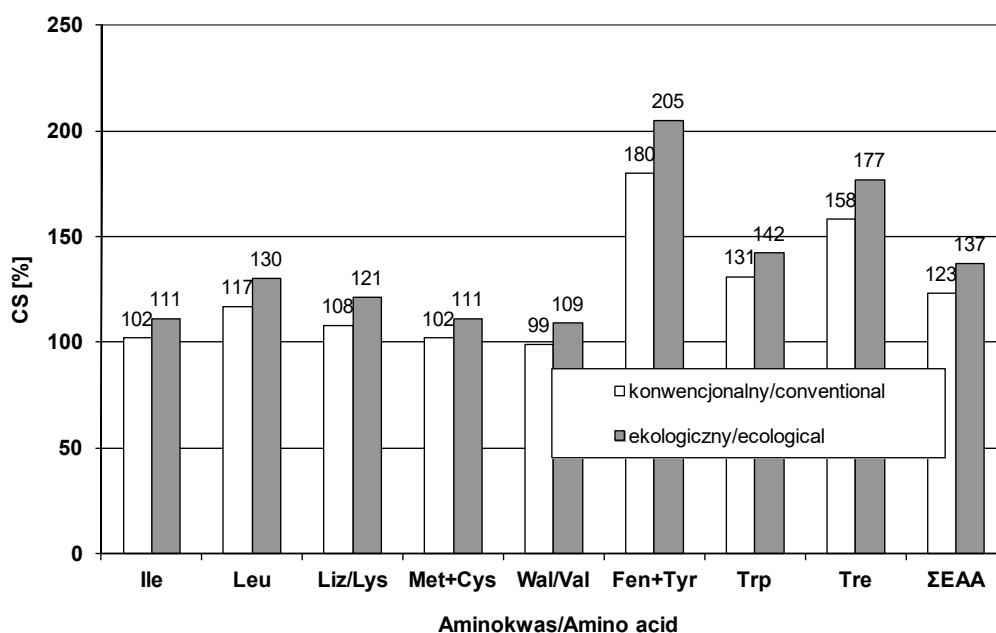
K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

* względnie egzogenne/ relative essential

NIR/LSD — najmniejsza istotna różnica; least significant difference

BIR/NSD — brak istotnych różnic; not significant difference

Zaznaczył się wpływ systemu uprawy ziemniaka na zawartość kwasu asparaginowego, seryny, glicyny oraz sumy wszystkich (18) aminokwasów w badanych preparatach, a większe ich ilości oznaczono w białku koncentratów otrzymanych z soku bulw pochodzących z uprawy ekologicznej, tj. 71,39 mg/16 N w porównaniu do 63,67 mg/16 N sumy wszystkich aminokwasów oznaczonych w preparatach uzyskanych z bulw uprawianych w systemie konwencjonalnym. W porównaniu do preparatów uzyskanych przez niektórych autorów (Knoor, 1978; Knoor i in., 1977; Kapoor i in., 1975; Pęksa, 2006) badane koncentraty zawierały mniej leucyny, lizyny, metioniny i cysteiny, fenyloalaniny i tyrozyny oraz treoniny, a podobne ilości izoleucyny i waliny. Natomiast podobny skład aminokwasowy do badanych koncentratów wykazywał preparat uzyskany przez innych autorów (Miedzianka i in., 2012).



Rys. 1. Wartość odżywcza (CS) koncentratów białkowych otrzymanych z soku bulw ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym obliczona w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007

Fig. 1. Nutritive value (CS) of protein concentrates obtained from the juice of potatoes cultivated within conventional and ecological systems calculated according to WHO/FAO/UNU 2007 protein standard

Wartość odżywcza badanych preparatów białkowych obliczona w odniesieniu do wzorca WHO/FAO/UNU 2007 (rys. 1) jako chemiczny wskaźnik punktowy CS była uzależniona od systemu uprawy bulw, z których uzyskiwano koncentrat. Ustalono, że wartości wskaźnika CS białka zawartego w większości preparatów uzyskanych z soku badanych prób bulw, a szczególnie z bulw pochodzących z uprawy w systemie ekologicznym dorównywały lub przewyższały ilości aminokwasów uznane za właściwe dla białka wzorcowego i mieściły się w przedziale 99–180 w preparatach z surowca uprawianego w systemie konwencjonalnym oraz w przedziale 109–205, gdy koncentraty otrzymano z soku bulw pochodzących z uprawy ekologicznej. Według Kapoor i in. (1975) wartość odżywcza preparatów białka ziemniaczanego zależy od udziału w nim frakcji albumin i globulin stanowiących około 70% białek określanych jako tuberyna, o wysokiej wartości odżywczej. Z prac innych autorów (Lindner i in., 1980/1981; Ahlden i Trägårdh, 1992; Ralet i Gueguen, 2000) wynika, że białka tuberyny o masie cząsteczkowej około 44–45 kDa wykazują słabą rozpuszczalność w roztworach o niskim pH oraz łatwo koagulują w temperaturze powyżej 70°C, stanowiąc główny składnik preparatów uzyskiwanych metodą koagulacji kwasowo-termicznej.

WNIOSKI

1. Koncentraty otrzymane z soku bulw ziemniaka uprawianych systemem ekologicznym zawierały więcej białka oraz cukrów niż uprawiane w warunkach konwencjonalnych.
2. Badania wykazały wyraźną tendencję zwiększania zawartości aminokwasów egzogennych i sumy aminokwasów w preparatach otrzymanych z bulw uprawianych systemem ekologicznym, przy czym statystycznie potwierdzone zostały różnice w ilości takich aminokwasów, jak: leucyna, fenyloalanina i tyrozyna, treonina oraz kwas asparaginowy, seryna i glicyna.
3. Wartość odżywcza badanych koncentratów określona na podstawie składu aminokwasowego (CS), w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007, niezależnie od systemu uprawy ziemniaka, dorównywała lub przewyższała wartości wskazane w standardzie, przy czym preparaty uzyskane z bulw z uprawy ekologicznej charakteryzowały się większą wartością odżywczą.
4. Ziemniak uprawiany systemem ekologicznym mógłby stanowić źródło preparatów białkowych o korzystnych właściwościach odżywczych.

LITERATURA

- Ahlden I., Trägårdh G. 1992. A study of soluble proteins from four potato varieties used in the Swedish starch industry. *Food Chem.* 44: 113 — 118.
- AOAC. 1990. W Herlich, K. (ed.). *Official Methods of Analysis of AOAC: Food Composition; Additives; Natura contaminants*. Vol. II. AOAC, Arlington.
- Büchi Kjeldahl line K — 422. 1998. Instrukcja obsługi aparatu.
- Ciećko Z., Krajewski W., Wyszowski W., Wyszowski M., Żołnowski A. 2004. Działanie nawożenia fosforowego na zawartość i jakość białka w bulwach ziemniaka. *Prace Nauk. AE Wroc., Chemia* 1017: 99 — 110.
- Danilchenko H., Pranaitiene R., Tarasieviciene Z., Venskutoniene. 2008. The effect of inhibitors on the amino acid content in the stored potato tubers. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 301 — 316.
- Eppendorfer W. H., Eggum B. O. 1994. Dietary fibre, starch, amino acids and nutritive value of potatoes as affected by sulfur, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and water stress. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.*:107 — 115.
- Galdón B. R., Mesa D. R., Rodríguez E. M. R., Romero C. D. 2010. Amino acid content in traditional potato cultivars from the Canary Islands. *J. Food Comp. Anal.* 23: 148 — 153.
- Gawęcki J. 2011. *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. WNP. Warszawa: 210 — 215.
- Kapoor A. C., Desborough S. L., Li P. H. 1975. Potato tuber proteins and their nutritional quality. *Potato Res.* 18: 469 — 478.
- Knorr D. 1978. Protein quality of the potato and potato protein concentrates. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 11: 109 — 115.
- Knorr D. 1980. Effect of recovery methods on yield, quality and functional properties of potato protein concentrates. *J. Food Sci.* 45: 1183 — 1186.
- Knorr D., Kohler G. O., Betschart A. A. 1977. Potato protein concentrates: the influence of various methods of recovery upon yield compositional and functional characteristics. *J. Food Process. Preserv.* 2: 235 — 247.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywn., Nauka, Technol., Jakość* 4 (25) Supl.: 5 — 26.
- Lindner P., Kaplan B., Weiler E., Ben-Gera I. 1980/81. Fractionation of potato juice proteins into acid-soluble and acid-coagulable fractions. *Food Chem.* 6: 323 — 335.

- Lisińska G., Leszczyński W. 1972. Metodyka badań jakości bulw traktowanych w uprawie herbicydami ziemniaka jako surowca dla przemysłu spożywczego. Pr. Nauk. Inst. Technol. Org. i Tworz. Szt. P. Wroc. 9: 55 — 61.
- Løkra S., Helland M. H., Clausen I. C., Strætkvern K.O., Egelanddal B. 2008. Chemical characterization and functional properties of a potato protein concentrate prepared by large-scale expanded bed adsorption chromatography. LWT 41: 1089 — 1099.
- Miedzianka J., Pęksa A., Aniołowska M. 2012. Properties of acetylated potato protein preparations. Food Chem. 133: 1283 — 1291.
- Mitrus J., Stankiewicz C., Steć E., Kamecki M., Starczewski J. 2003. The influence of selected cultivation on the content of total protein and amino acids in the potato tubers. Plant Soil Environ. 4 (3): 131 — 134.
- Moore S. 1963. On the determination of cystine as cysteic acid. J. Biol. Chem. 238: 235 — 237.
- Pęksa A. 2006. Ocena jakości preparatów białka ziemniaczanego otrzymanych w różnych warunkach technologicznych i ich przydatności w produkcji wyrobów ekstrudowanych. Zesz. Nauk. AR Wroc., Rozprawy, 533: 101.
- Pęksa A., Rytel E., Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A. 2009. The properties of potato protein. Food 3 (Special Issue 1). Potato: Food, Nutrition and Health, Global Science Books: 79 — 87.
- PN-75/A-04018. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- Ralet M. Ch., Gueguen J. 2000. Fractionation of potato proteins: solubility, thermal coagulation and emulsifying properties. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 33: 380 — 387.
- Seibles T. S. 1979. Studies on potato proteins. Am. Potato J. 56: 415 — 425.
- Spackman D. H., Stein W. H., Moore S. 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography amino acid. Anal. Chem. 30: 1190 — 1206.
- Spies J. R., Chambers D. C. 1949. Chemical determination of tryptophan in proteins. Anal. Chem. 21: 1249 — 1266.
- Stankiewicz C., Bombik A., Rymuza K., Starczewski J. 2008. Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na zawartość białka oraz aminokwasów egzogennych w bulwach ziemniaka odmiany Irga i Ekra w trakcie ich przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 530: 281 — 291.
- van Koningsveld G. A., Gruppen H., de Jongh H. H. J., Wijngaards G., van Boekel M. A. J. S., Walstra P., Voragen A. G. J. 2001. Effects of pH and heat treatments on the structure and solubility of potato proteins in different preparations. J. Agric. Food Chem. 49: 4889 — 4897.
- Wojnowska I., Poznański S., Bednarski W. 1981. Processing of potato protein concentrates and their properties. J. Food Sci. 47: 167 — 172.
- Wyszkowski M. 1996. Skład aminokwasowy białka bulw czterech odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult. 63: 129 — 138.
- Young V. R., Pellett P. L. 1991. Protein evaluation, amino acid scoring and the food and drug administration's proposed food labeling regulations. Issues and Opinions in Nutrition. J. Nutr. 121: 145 — 150.