



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Białko roślinne – źródła, koszty produkcji i jakość

Plant Protein – Sources, Production Costs and Quality

Synopsis. Białko należy do podstawowych składników odżywczych niezbędnych do utrzymania życia. Światowe prognozy pokazują, że będzie to podstawowy makroskładnik limitujący światowe bezpieczeństwo żywnościowe. W światowej strukturze spożycia dominuje białko pochodzenia roślinnego, a podstawowym źródłem białka roślinnego są zboża - wśród nich pszenica. W artykule założono, że głównym źródłem dla rosnącego popytu na białko pozostaną dotychczasowe jego źródła, ponieważ czynnikami decydującymi o wykorzystaniu danego surowca jest jego dostępność, koszt i jakość. Z tego powodu w artykule podjęto próbę charakterystyki głównych źródeł białka roślinnego pod względem wielkości produkcji białka z jednostki powierzchni, kosztów produkcji 1 kg białka i jego jakości. Analizę kosztów produkcji poszczególnych źródeł białka wykonano na podstawie danych z gospodarstw z krajów (lub grupy krajów) głównych jego producentów lub eksporterów. Jakość białka roślinnego scharakteryzowano przy użyciu wskaźnika aminokwasu ograniczającego oraz wskaźnika aminokwasu ograniczającego skorygowanego o strawność rzeczywistą białka. Spośród analizowanych źródeł białka największy plon z jednostki powierzchni oraz najmniejsze bezpośrednie koszty produkcji posiada białko z soi. Białko to również charakteryzuje się największą wartością biologiczną uwzględniając wartość wskaźnika aminokwasu ograniczającego skorygowanego o strawność rzeczywistą białka.

Słowa kluczowe: białko, koszty produkcji, wartość odżywcza białka

Abstract. Protein is one of the basic nutrients necessary to maintain life. Global forecasts show that protein will be the basic macro component limiting global food security. Vegetable protein dominates the global structure of protein consumption. The primary source of vegetable protein are cereals, and among them, wheat. The article assumes that the main source for the growing protein demand will remain its current sources, because the factors determining the use of a given raw material are its availability, cost and quality. Therefore, the article attempts to characterize the main sources of vegetable protein in terms of protein production per unit area, production costs of 1 kg protein and their quality. The analysis of production costs of individual protein sources was made on the basis of data from farms belonging to the countries (or groups of countries) of its main producers or exporters. The quality of the analyzed proteins was characterized using: Chemical Score (SC) and Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). From among the protein sources which were analyzed, the highest yield per unit area and the lowest direct production costs are found in soy protein. This protein is also characterized by the highest biological value considering the value of PDCAAS.

Key words: protein, production costs, protein quality

JEL Classification: D12, D24

¹ dr inż., Katedra Ekonomii i Polityki Gospodarczej w Agrobiznesie, UP w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, e-mail: pawel.boczar@up.poznan.pl., <https://orcid.org/0000-0002-4807-0716>

Wprowadzenie

Białko oprócz węglowodanów i tłuszczów należy do podstawowych składników odżywczych, niezbędnych do utrzymania życia. W organizmach pełni bardzo wiele ważnych funkcji. Między innymi jest ono niezbędne do: prawidłowego wzrostu i rozwoju organizmu, uzupełniania naturalnych ubytków, naprawy tkanek, produkcji enzymów trawiennych i metabolicznych, wytwarzania niektórych hormonów, takich jak tyroksyny i insuliny (Hryniewicz i Roszkowski, 2012; Latham, 1997). Systematyczny wzrost populacji na świecie w połączeniu z rosnącymi dochodami, urbanizacją i zmianami we wzorcach konsumpcji żywności znajduje odzwierciedlenie we wzroście popytu na żywność, w tym szczególnie na białko (Henchion i inni, 2017). Światowe organizacje FAO oraz ONZ prognozują, że globalny popyt na żywność, a szczególnie na mięso i produkty mleczne podwoi się do 2050 roku. Białko zostało zidentyfikowane jako podstawowy makroskładnik odżywczy limitujący światowe bezpieczeństwo żywnościowe. Eksperti FAO stwierdzili również, że wystarczająca ilość białka odpowiedniej jakości (biodostępność) jest podstawowym prawem każdego obywatela świata (Dietary..., 2013). Zalecany obecny poziom spożycia białka dla osoby dorosłej wynosi 0,8 g na kg masy ciała na dzień tzw. białka wzorcowego czyli białka o odpowiednim składzie aminokwasowym (Bułhak-Jachymczyk, 2008; Protein ..., 2007). Wartość odżywcza białka jest ważnym parametrem, na który mają wpływ m.in. skład aminokwasowy oraz jego strawność. Parametr ten pokazuje, że oprócz samej ilości spożywanego białka również jego jakość jest ważną cechą, którą należy uwzględniać przy szacowaniu zapotrzebowania na białko.

W strukturze spożycia białka ogółem na świecie dominuje spożycie białka pochodzenia roślinnego. Jednak wstępują różnice między regionami. W krajach rozwiniętych dominuje spożycie białka zwierzęcego, a w krajach rozwijających się - białka roślinnego. Podstawowym źródłem białka roślinnego są zboża. Oprócz zbóż ważnym źródłem białka wykorzystywanym szczególnie w produkcji zwierzęcej jest białko z roślin oleistych. Również białko z roślin strączkowych pełni ważną rolę w zaspakajaniu popytu na ten składnik odżywczy szczególnie w regionach słabiej rozwiniętych (Young i Pellett, 1994; Aiking, 2011; Henchion i inni, 2017). W celu zaspokajania rosnącego popytu na białko zarówno pochodzenia roślinnego, jak i zwierzęcego, będzie rósł popyt na zboża oraz na rośliny oleiste (Alexandratos i Bruinsma, 2012). Jednocześnie trwają poszukiwania nowych źródeł białka typu: wodorosty, algi czy owady. Jednak aspekty związane z bezpieczeństwem żywności tych nowych źródeł białka nie są znane jeszcze dobrze, wymagają dalszych badań i regulacji. Potencjalne zagrożenia mogą obejmować szereg zanieczyszczeń, takich jak metale ciężkie, mykotoksyny, pozostałości pestycydów, a także patogeny (Spigel i inni, 2012). Można zatem założyć, że podstawowym źródłem dla rosnącego popytu na białko pozostaną dotychczasowe jego źródła, ponieważ czynnikami decydującymi o wykorzystaniu danego surowca są: dostępność, koszt i jakość. Z tego powodu w artykule dokonano charakterystyki głównych źródeł białka roślinnego pod względem wielkości produkcji białka z jednostki powierzchni, kosztów produkcji 1 kg białka i jego jakości.

Cel, zakres i metodyka pracy

Celem pracy jest charakterystyka głównych źródeł białka roślinnego wykorzystywanego do bezpośredniej konsumpcji przez ludzi, pod względem wielkości produkcji białka z jednostki powierzchni, kosztów produkcji 1 kg białka oraz jego jakości. W celu zidentyfikowania podstawowych źródeł białka roślinnego przedstawiono poziom spożycia białka ogółem, w tym białka roślinnego, na świecie oraz z podziałem na osiem regionów tj. w Afryce, Ameryce Południowej, Ameryce Północnej, Ameryce Środkowej, Azji, Europie, na Karaibach i w Oceanii. Białko roślinne poddano analizie, w której wyróżniono źródła białka roślinnego o największym poziomie spożycia, tj. białka z: pszenicy, ryżu, kukurydzy, ziemniaka, fasoli oraz soi. Analizę kosztów produkcji wyżej wymienionych rodzajów białka dokonano na podstawie danych pochodzących z bazy agri benchmark Cash Crop². Ponadto, analizę kosztów produkcji wzbogacono o koszty produkcji łubinu oraz grochu, jako przykład dla toczącej się dyskusji zarówno w Polsce, jak i UE dotyczącej możliwości wzrostu produkcji rodzimych roślin strączkowych. Do analizy kosztów produkcji poszczególnych źródeł białka wybrano gospodarstwa pochodzące z krajów (lub grupy krajów) głównych jego producentów. Dla soi są to Stany Zjednoczone, Brazylia oraz Argentyna, dla grochu Kanada, dla łubinu Australia, dla kukurydzy Stany Zjednoczone, dla pszenicy Niemcy i Francja (jako głównych producentów pszenicy w UE), dla ryżu Chiny oraz Tajlandia jako przykład głównego światowego jego eksportera. Głównym producentem ziemniaka na świecie są Chiny, jednak ze względu na brak danych w bazie agri benchmark Cash Crop wykorzystano dane z gospodarstw niemieckich, państwa będącego jednym z największych eksporterów ziemniaka na świecie. Z kolei do grona największych producentów fasoli należą Birma i Indie. Również ze względu na brak tych państw w bazie danych jako przykład kosztów produkcji białka z fasoli wykorzystano dane z gospodarstw z Wielkiej Brytanii. Rozważania w odniesieniu do kosztów produkcji ograniczono do kosztów bezpośrednich. Zastosowano takie podejście w celu uzyskania możliwie obiektywnych porównań oraz wyeliminowanie błędnej interpretacji wyników w odniesieniu do zróżnicowanych warunków poszczególnych gospodarstw (różny poziom kosztów operacyjnych i ziemi) (Majchrzycki i inni, 2002). Kolejnym założeniem przyjętym w artykule jest to, że kalkulowane koszty produkcji przypisano jedynie do plonów białka pomijając plon/wartość pozostałych składników odżywczych. Jest to pewne uproszczenie w kalkulacji kosztów, ale zastosowano takie podejście ze względu na ograniczoność opracowania oraz jak wspomniano we wstępie, ze względu na to, że białko będzie podstawowym makroskładnikiem limitującym światowe bezpieczeństwo żywnościowe, dlatego założono, że w produkcji chodzi wyłącznie o ten składnik.

W celu podkreślenia znaczenia państw, z których wykorzystano dane do analizy kosztów produkcji poszczególnych upraw, rozważania poprzedzone zostały charakterystyką powierzchni uprawy, plonów fizycznych, produkcji ogółem i plonów

² agri benchmark Cash Crop - jest globalną siecią ekonomistów rolnych, doradców i producentów rolnych. Celem głównym działalności agri benchmark jest rzetelne pokazanie stosowanych technologii produkcji, sposobu organizacji gospodarstw rolnych, warunków ramowych w jakich te gospodarstwa funkcjonują i perspektyw ich rozwoju (Cash ..., 2011). Dzięki pozyskaniu autentycznych informacji z gospodarstw rolnych możliwe jest porównanie np. kosztów uprawy i uzyskiwanego wyniku finansowego w produkcji określonej rośliny, która jest uprawiana w różnych częściach globu. Wykorzystując te dane możemy np. porównać koszty produkcji wybranych upraw.

białka w latach 2014-2016 w tych państwach na tle światowych wielkości. Na końcu opracowania poruszona została kwestia jakości białka. Wartość odżywczą analizowanych białek scharakteryzowano w oparciu o skład aminokwasowy i strawność. W tym celu wykorzystano dane z różnych raportów oraz wybrane wskaźniki oceny jakości białka.

Źródła białka roślinnego

W tabeli 1 przedstawiono średni poziom spożycia białka ogółem oraz białka roślinnego na świecie oraz w analizowanych regionach z lat 2004-2013, jak i zmiany w jego spożyciu pomiędzy rokiem 2004 a 2013. Średni dzienny poziom spożycia białka ogółem na świecie w okresie 2004-2013 wynosił prawie 80 g na jedną osobę, z czego białko roślinne stanowiło 48 g, co dawało ponad 60% udziału białka roślinnego w poziomie spożycia białka ogółem. Światowy dzienny poziom spożycia białka w analizowanym okresie wzrósł o 5,6 g na osobę, w tym białka roślinnego o 2,3 g na osobę.

Tabela 1. Poziom spożycia białka na świecie i w analizowanych regionach w g na dzień na osobę w latach 2004-2013

Table 1. The level of protein consumption in the world and in the analyzed regions in g per day per person in the 2004-2013

Rodzaj białka	Afryka		Azja		Karaiby		Ameryka Śr.		Europa		Ameryka Pn.		Oceania		Ameryka Pd		Świat	
	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%	g/dzień	%
białko ogół. \bar{x}	67	100	74	100	65	100	82	100	101	100	111	100	101	100	82	100	79	100
białko ogół. Δ	4,7	-	7,7	-	8,9	-	1,3	-	2,6	-	-5,3	-	3,7	-	9,0	-	5,6	-
białko roś. \bar{x}	52	77	49	67	40	62	46	56	44	43	41	37	36	35	39	48	48	61
białko roś. Δ	3,1	-	2,9	-	4,5	-	-0,7	-	0,1	-	-0,3	-	-0,5	-	0,9	-	2,3	-
w tym \bar{x} :																		
pszenica	11,4	17	15,8	21	8,8	14	6,9	8	25,7	25	19,6	18	18,8	19	11,8	14	16,0	20
ryż	4,4	6	14,6	20	9,2	14	2,0	2	0,9	1	1,4	1	2,4	2	6,0	7	10,1	13
kukurydza	9,6	14	1,7	2	3,9	6	23,0	28	1,2	1	1,8	2	0,8	1	5,0	6	3,4	4
ziemniaki	0,7	1	1,2	2	0,4	1	0,5	1	3,6	4	2,5	2	2,1	2	1,6	2	1,5	2
fasola	2,3	3	0,8	1	5,3	8	5,6	7	0,4	0	1,7	2	0,2	0	5,4	7	1,4	2
soja	0,7	1	1,8	2	1,3	2	0,2	0	0,1	0	0,1	0	0,1	0	1,2	2	1,3	2
pozostałe	23	34	13	18	12	18	8	9	12	12	14	12	11	11	8	10	14	18

\bar{x} – Średni poziom z lat 2004-2013.

Δ – Różnica w poziomie spożycia pomiędzy rokiem 20013 a 2004.

Źródło: obliczenie własne na podstawie danych FAO (FAOSTAT... 2018).

Głównym źródłem konsumowanego białka roślinnego jest białko zbóż, w tym białko pszenicy (16 g na osobę), ryżu (10,1 g na osobę) oraz kukurydzy (3,4 g na osobę). Kolejne trzy rośliny to ziemniak, fasola oraz soja, które średnio dziennie na świecie dostarczały 1,3-1,5 g białka na osobę. Łącznie sześć roślin dostarczało 43% dziennie konsumowanego białka na osobę.

Pośród analizowanych regionów świata powyżej średniej światowej dzienne spożycie białka ogółem odnotowano w Ameryce Północnej (111 g na osobę), Europie (101 g na osobę), Oceanii (101 g na osobę). W Ameryce Południowej i Środkowej występował poziom zbliżony do średniej światowej (82 g na osobę). Natomiast na Karaibach (65 g na osobę) oraz w Afryce (67 g na osobę) i Azji (74 g na osobę) poziom spożycia był poniżej średniej światowej. Białko roślinne przeważało w strukturze spożycia białka ogółem w następujących regionach: Afryce (77%), Azji (67%), Karaibach (62 %) oraz Ameryce Środkowej (56%). Najmniejszy udział białka roślinnego w strukturze spożycia białka ogółem odnotowano w Oceanii (35%), Ameryce Północnej (37%), Europie (43%) oraz Ameryce Południowej (48%). We wszystkich analizowanych regionach poza Ameryką Północną, gdzie poziom spożycia białka ogółem zmniejszył się o 5,3 g na osobę, poziom spożycia białka ogółem się zwiększył. Największy wzrost odnotowano w Ameryce Południowej oraz Karaibach (o 9 g na osobę). Z kolei poziom spożycia białka roślinnego zwiększył się na Karaibach (o 4,5 g na osobę), w Afryce (o 3,1 g na osobę), Azji (o 2,9 g na osobę) oraz Ameryce Południowej (o 0,9 g na osobę). Natomiast zmalał w Ameryce Środkowej (o 0,7 g na osobę), Oceanii (o 0,5 g na osobę), Ameryce Północnej (o 0,3 g na osobę). W Europie praktycznie się nie zmienił. Sześć wyszczególnionych źródeł białka roślinnego w regionach, gdzie dominuje konsumpcja białka roślinnego dostarczało 43-49% konsumowanego białka, a w regionach z przewagą konsumpcji białka zwierzęcego udział ten wynosił 24-38%. We wszystkich analizowanych regionach pszenica była głównym źródłem białka roślinnego, poza Ameryką Środkową, gdzie dominowała kukurydza i Karaibami, gdzie ryż miał największy udział.

Główni producenci i eksporterzy surowców białkowych

Głównych producentów i eksporterów białka roślinnego, średnią powierzchnię upraw roślin, plon fizyczny, produkcję ogółem i plon białka z 1 ha w latach 2014-2016 na tle światowych wielkości przedstawiono w tabeli 2. W nawiasach przedstawiono udziały poszczególnych państw w światowej powierzchni upraw i produkcji ogółem. Głównym producentem łubinu jest Australia, a jej udział w światowej powierzchni upraw i produkcji wynosi ponad 50%. Światowe udziały głównych producentów soi w odniesieniu do powierzchni upraw i produkcji wynoszą odpowiednio dla Stanów Zjednoczonych 28% i 34%, dla Brazylii 27% i 29%, dla Argentyny 16% i 18%. Z kolei udział Stanów Zjednoczonych w światowej powierzchni uprawy i produkcji kukurydzy wynosi odpowiednio 18% i 35%. Dla Kanady będącej głównym producentem grochu wartości te kształtują się odpowiednio 22% i 31%. Głównym producentem ryżu na świecie są Chiny, a ich udziały w powierzchni upraw i produkcji kształtują się odpowiednio 19% i 28%. W przypadku pszenicy światowy udział Francji i Niemiec w powierzchni uprawy i produkcji jest relatywnie niewielki. Jednak państwa te reprezentują UE, która jest głównym producentem pszenicy na świecie. Natomiast Niemcy w odniesieniu do ziemniaka oraz Tajlandia w przypadku ryżu to, jak wspomniano w metodyce, są kraje będące jednymi z głównych eksporterów tych

produktów. Średni udział Niemiec w światowym eksporcie ziemniaka w analizowanym okresie wyniósł 14% a udział Tajlandii w światowym eksporcie ryżu 24% (FAOSTAT 2018).

Tabela 2. Średnia powierzchnia upraw, plon fizyczny, produkcja i plon białka w latach 2014-2016

Table 2. Average crop area, physical yield, protein production and yield in the years 2014-2016

Roślina	Państwa	Powierzchnia upraw mln ha	Plon fizyczny dt/ha	Produkcja mln t	Plon białka dt/ha
Łubin	Australia	0,45 (52) ¹	13,6	0,6 (51)	5,4
	Świat	0,88	13,8	1,2	5,5
Fasola	W. Brytania	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	Świat	30,13	9,0	27,1	2,0
Groch	Kanada	1,58 (22)	24,3	3,9 (31)	5,5
	Świat	7,16	17,7	12,7	4,0
Soja	Argentyna	19,36 (16)	29,9	57,9 (18)	11,4
	Brazylia	31,87 (27)	29,3	93,5 (29)	11,1
	USA	33,34 (28)	33,1	110,3 (34)	12,6
	Świat	119,99	26,8	321,5	10,2
Pszenica	Francja	5,45 (2)	68,2	37,1 (5)	8,3
	Niemcy	3,23 (1)	81,2	26,3 (4)	9,9
	Świat	221,18	33,5	740,0	4,1
Kukurydza	USA	33,81 (18)	107,6	363,8 (35)	10,2
	Świat	185,04	56,0	1036,3	5,3
Ryż	Tajlandia	9,69 (6)	29,4	28,5 (4)	1,8
	Chiny	30,50 (19)	68,8	209,7 (28)	4,1
	Świat	161,16	46,0	741,2	2,8
Ziemniak	Niemcy	0,24 (1)	452,2	10,9 (3)	7,2
	Świat	19,06	198,4	378,2	3,2

¹ – wartości prezentowane w nawiasach oznaczają udziały w wielkościach światowych.

Źródło: obliczenie własne na podstawie danych FAO (FAOSTAT... 2018).

Biorąc pod uwagę średnie światowe plony białka analizowanych roślin zauważono, że największy plon białka z jednostki powierzchni dostarcza soja – 10,2 dt/ha, a najniższy fasola 2,0 dt/ha (tab. 2). Średni światowy plon białka dla pozostałych analizowanych upraw mieści się w przedziale 2,8-5,5 dt/ha. Gdy pod uwagę weźmiemy poszczególnych producentów analizowanych upraw to widzimy, że nadal największy plon białka z jednostki powierzchni dostarcza soja 11-13 dt/ha. Jednak różnica plonu białka soi w stosunku do pozostałych roślin szczególnie kukurydzy uprawianej w Stanach Zjednoczonych czy pszenicy w Niemczech jest mniejsza. Wynika z tego, że dzięki zastosowaniu odpowiedniej technologii produkcji w określonych warunkach klimatyczno-glebowych rośliny o niższej zawartości białka mogą uzyskiwać plon białka zbliżony do poziomu plonu białka uzyskiwanego z roślin typowo białkowych.

Koszty produkcji

W tabeli 3 przedstawiono średnie plony fizyczne i plony białka z 1 ha oraz średnie koszty bezpośrednie przypadające na 1 ha i 1 kg białka w wybranych uprawach w latach 2014-2016. Analizując możliwości produkcji białka z jednostki powierzchni widzimy, że najwyższe plony białka dostarcza soja uprawiana w jednym z gospodarstw w Stanach Zjednoczonych (US700IA – 14,2 dt/ha) oraz w gospodarstwach z Brazylii (ponad 12 dt/ha) oraz w gospodarstwie z Argentyny (AR900WBA – 11,7 dt). Relatywnie wysokie plony białka dostarcza również kukurydza uprawiana w jednym z gospodarstw w Stanach Zjednoczonych (US700IA – 11,3 dt/ha) oraz pszenica uprawiana w Niemczech (DE1300MB - 11,9 dt/ha) oraz we Francji (FR230PICB - 11,1 dt/ha).

Tabela 3. Średnie plony fizyczne i plony białka z 1 ha oraz średnie koszty bezpośrednie przypadające na 1 ha i 1 kg białka w latach 2014-2016

Table 3. Average physical yields and protein yields per ha and average direct costs per 1 ha and 1 kg of protein in the years 2014-2016

Roślina	Gospodarstwa ²	Plon fizyczny dt/ha	Plon białka dt/ha	Koszty bezpośrednie EUR/ha	Koszty bezpośrednie EUR/kg białka
Łubin	AU4500SC	14,7	5,9	113	0,19
	AU5500WA	17,0	6,8	135	0,20
Fasola	UK440SUFF	4,1	9,1	309	0,34
	UK800CAM	4,4	9,8	323	0,33
Groch	CA1100NWM	30,5	6,9	197	0,29
	CA6000SAS	18,3	4,1	185	0,45
Soja	AR700SBA	20,9	7,9	101	0,13
	AR900WBA	30,7	11,7	119	0,10
	BR1300MT	32,0	12,2	397	0,33
	BR3000MT	32,7	12,4	396	0,32
	US1300ND	26,0	9,9	270	0,27
	US700IA	37,4	14,2	310	0,22
Pszenica	FR110ALS	71,7	9,0	590	0,66
	FR230PICB	89,0	11,1	407	0,37
	DE1300MB	95,2	11,9	388	0,33
	DE200GF	86,3	10,8	591	0,55
Kukurydza	US1300ND	9,9	9,4	556	0,59
	US700IA	11,9	11,3	616	0,54
Ryż	CN1SI	8,2	4,9	397	0,80
	TH3UB	2,7	1,6	112	0,69
Ziemniak	DE160UE	491,0	7,9	2 266	2,88
	DE200GF	520,0	8,3	1 939	2,33

¹ - Do kosztu bezpośredniego zaliczono: koszt nasion, nawożenia, środków ochrony roślin i inne koszty bezpośrednie np. koszt suszenia, nawodnień, ubezpieczeń upraw, oraz koszt odsetek od kapitału finansującego nakłady bezpośrednie.

² - Prezentowane gospodarstwa oznaczone są symbolem, który należy czytać następująco: pierwsza dwie litery oznaczają skrót państwa, z którego dane gospodarstwo pochodzi, cyfry informują o wielkość gospodarstwa, natomiast litery występujące po cyfrach, oznaczają region kraju, w którym położone jest dane gospodarstwo. Na przykład oznaczenie US700IA informuje, że jest to gospodarstwo ze Stanów Zjednoczonych o powierzchni 700 ha położone w stanie Iowa.

Źródło: opracowanie własne na podstawie agri benchmark Cash Crop 2018.

W przypadku kosztów bezpośrednich produkcji 1 kg białka najniższy koszt 0,1-0,13 EUR osiągnięto dla produkcji białka sojowego w gospodarstwach argentyńskich. Relatywnie tanio 0,19-0,2 EUR/kg białka produkują również gospodarstwa australijskie uprawiające łubin. Nieco droższe jest białko sojowe produkowane przez gospodarstwa ze Stanów Zjednoczonych (0,22-0,27 EUR/kg białka) oraz białko z grochu produkowane w jednym z gospodarstw w Kanadzie (CA1100NWM – 0,29 EUR/kg białka). Kolejną grupę z kosztem mieszczącym się pomiędzy 0,3-0,45 EUR/kg białka stanowi białko soi produkowane w Brazylii, fasoli produkowane w Wielkiej Brytanii, pszenicy w Niemczech (DE1300MB) i Francji (FR230PICB) oraz białko z grochu produkowane w gospodarstwie w Kanadzie (CA1100NWM). Do grupy z kosztem produkcji mieszczącym się w przedziale 0,54-0,8 EUR/kg białka należą: białka z kukurydzy produkowanej w Stanach Zjednoczonych, pszenicy uprawianej w gospodarstwie osiągających niższe plony z Niemiec (DE200GF) oraz Francji (FR110ALS) oraz białko ryżu uprawiane w Chinach oraz Tajlandii. Spośród analizowanych źródeł najdroższym białkiem jest białko pozyskiwane z ziemniaków, którego koszt produkcji kształtuje się na poziomie 2,3-2,9 EUR/kg.

Jakość białka

Oprócz możliwości produkcji danej ilości białka z jednostki powierzchni oraz jego kosztów produkcji ważnym zagadnieniem jest wartość odżywcza (jakość) białka. Wartość odżywcza białka zależy między innymi od: zawartości aminokwasów egzogennych i endogennych, wzajemnej proporcji poszczególnych aminokwasów egzogennych, strawności produktów białkowych oraz wystarczającego dowozu energii niezbędnej do procesów syntezy białka ustrojowego (Hryniewiecki i Roszkowski, 2012). Odpowiednie określenie wartości odżywczej danego białka roślinnego ma z jednej strony kluczowe znaczenie w jak najlepszym stopniu zabezpieczenia potrzeb żywieniowych ludzi z drugiej strony zapobiega marnotrawstwu białka w wyniku barku odpowiedniego jego zbilansowaniu. Sposoby oceny wartości biologicznej białka są przedmiotem wielu badań, a ocena przydatności poszczególnych wskaźników służących do oceny jakości białka ulega zmianie wraz z upływem czasu. Kolejne badania pokazują, że poziom aminokwasów niezbędnych do zaspokojenia potrzeb człowieka w białkach wzorcowych ulega zmniejszeniu. Dzięki temu potrzeby żywieniowe ludzi można zabezpieczyć mniejszą ilością białka, ale o odpowiednim jego składzie (Smil, 2002; Bułhak-Jachymczyk, 2008; Hryniewiecki i Roszkowski, 2012; Dietary ..., 2013).

W tabeli 4 przedstawiono skład aminokwasowy analizowanych rodzajów źródeł białka na tle zalecanego przez ekspertów WHO/FAO/UNU wzorca z 2007 roku oraz wartość odżywcza białka wyrażoną wybranymi wskaźnikami (Protein ..., 2007). Jak wspomniano wcześniej jakość białka zależy między innymi od zawartości poszczególnych aminokwasów we właściwych proporcjach. Jeśli jeden lub więcej aminokwasów nie występuje w wystarczającej ilości, powoduje to zmniejszenie wartości odżywczej białka. Aminokwas o najniższej zawartości w stosunku do wzorca uważany jest za "ograniczający". Z tabeli 4 wynika, że każdy rodzaj analizowanego białka roślinnego posiada aminokwas ograniczający. Jednak co ważne nie jest to ten sam aminokwas we wszystkich rodzajach białka. Został on zaznaczony pogrubionym tekstem. Dla roślin strączkowych i ziemniaka jest to metionina, a dla zbóż - lizyna. Biorąc pod uwagę wskaźnik aminokwasu ograniczającego jako wskaźnik oceny wartości biologicznej białka

to największą jakość posiada białko ryżu (wartość wskaźnika 81) a najniższą białko z łubinu (wartość wskaźnika 47). Z kolei uwzględniając wartość wskaźnika aminokwasu ograniczającego skorygowany o stawność rzeczywistą białka to największą wartość biologiczną posiada białko soi (wartość wskaźnika 74) a najniższą białko z łubinu (wartość wskaźnika 38). Na podkreślenie zasługuje relatywnie wysoka wartość biologiczna białka z ziemniaka (wartość wskaźnika 72).

Tabela 4. Skład aminokwasowy analizowanych rodzajów źródeł białka (mg/g białka) oraz wartość odżywcza białka wyrażona wybranymi wskaźnikami

Table 4. Amino acid composition of the analyzed types of sources of protein (mg/g protein) and nutritional value of the protein expressed by the indicators

Wyszczególnienie	Wzór	Łubin	Fasola	Groch	Soja	Pszenica	Kukurydza	Ryż	Ziemniak
Izoleucyna	30	44	42	43	50	35	37	40	38
Leucyna	59	72	76	68	85	71	125	86	61
Lizyna	45	53	72	75	70	31	27	40	48
Metionina	16	8¹	11	9	14	16	19	24	13
Cystyna	6	14	9	11	15	27	15	11	6
Fenylalanina	30	37	52	46	54	48	49	54	40
Tyrozyna	8	35	25	27	34	32	38	37	28
Treonina	23	36	40	41	42	31	36	41	38
Tryptofan	6	10	10	9	14	12	6	13	16
Walina	39	40	46	47	53	47	49	58	47
Histydyna	15	26	28	23	28	25	27	26	15
Wskaźnik aminokwasu ograniczającego ²		47	66	57	86	68	59	89	81
Współczynnik strawności rzeczywistej białka		0,8	0,78	0,88	0,86	0,86	0,85	0,75	0,89
Wskaźnik aminokwasu ograniczającego skorygowany o stawność rzeczywistą białka ³		38	52	50	74	59	51	66	72

1 Tekstem pogrubionym oznaczony został aminokwas ograniczający.

2 - Wskaźnik aminokwasu ograniczającego – jest to stosunek zawartości aminokwasu ograniczającego w testowanym białku do zawartości tego aminokwasu w białku wzorcowym (Hryniewicz i Roszkowski, 2012).

3 Wskaźnik aminokwasu ograniczającego skorygowany o stawność rzeczywistą białka - jest to iloczyn wskaźnik aminokwasu ograniczającego i współczynnik strawności rzeczywistej białka (Hryniewicz i Roszkowski, 2012).

Źródło: (Amino..., 1970; Protein..., 1991, 2007; Schoeneberger i in., 1983; obliczenia własne).

Podsumowanie

Rosnąca populacja ludzi na świecie w połączeniu z rosnącymi dochodami, urbanizacją i zmianami w wzorcach konsumpcji będzie powodowała wzrost popytu na żywność, w tym szczególnie na białko, które będzie podstawowym makroskładnikiem limitującym światowe bezpieczeństwo żywnościowe. W celu zaspokajania rosnącego popytu na białko, będzie rósł popyt na różne jego źródła. W związku z tym, że o możliwości wykorzystania danego surowca w głównej mierze decyduje jego ilość, cena i jakość, dlatego w pierwszej kolejności będą wykorzystywane surowce najbardziej dostępne, a zarazem najtańsze i charakteryzujące się odpowiednią jakością. W światowej strukturze spożycia dominuje białko roślinne, a głównym źródłem białka roślinnego jest białko zbóż a w szczególności białko pszenicy. Oprócz zbóż ważnym źródłem białka są również rośliny strączkowe.

Spośród analizowanych źródeł białka roślinnego największy plon białka z 1 ha na świecie uzyskuje się z soi. Z pozostałych roślin plon białka był zdecydowanie mniejszy. Biorąc pod uwagę poszczególnych producentów danego źródła białka to nadal najwyższy plon białka uzyskuje się z soi. Jednak różnica w stosunku do innych analizowanych upraw jest mniejsza niż dla średniej światowej. Świadczy to o tym, że dzięki odpowiedniej technologii w określonych warunkach produkcyjnych istnieje możliwość uzyskania relatywnie wysokich plonów białka z jednostki powierzchni również z innych roślin nie tylko strączkowych. Wśród analizowanych upraw najniższe koszty bezpośrednie produkcji 1 kg białka odnotowano dla roślin strączkowych w kolejności: soja (uprawiana w Argentynie) a następnie łubin, fasola i groch. Najtańszym źródłem białka, po roślinach strączkowych było białko z pszenicy a następnie z kukurydzy i ryżu. Najdroższym białkiem okazało się białko z ziemniaka.

Należy również podkreślić, że poszczególne białka różnią się między sobą jakością, a 1 g białka w zależności od źródła w różny sposób jest w stanie zabezpieczyć potrzeby żywieniowe ludzi. Przyjmując wskaźnik aminokwasu ograniczającego jako wskaźnik oceny wartości biologicznej białka to najwyższą jakość posiada białko ryżu. Natomiast uwzględniając wskaźnik aminokwasu ograniczającego skorygowanego o strawność rzeczywistą białka to największą wartość biologiczną posiada białko soi.

Przy końcowej ocenie danego źródła białka oprócz możliwości jego produkcji z jednostki powierzchni, jak i kosztów jego pozyskania należy również uwzględnić jego jakość. Wartość odżywcza poszczególnych białek jest limitowana między innymi przez skład aminokwasowy, który jest różny w zależności od rodzaju białka. W związku z tym dobrze jest w diecie wykorzystywać różne źródła białka pochodzenia roślinnego, ponieważ przy łącznym ich wykorzystaniu pojawia się efekt synergii wartości odżywczej białka roślinnego. Można więc stwierdzić, że do jak najlepszego zaspokojenia potrzeb żywieniowych potrzebne są różne źródła białka roślinnego.

Literatura

- Agri benchmark Cash Crop. (2018). Pobrane luty 2018 z: www.agribenchmark.org/cash_crop.html.
 Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 112-120.
 Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. Agricultural Development Economics Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome
 Amino acid content of foods and biological data on proteins. (1970). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

- Buľhak-Jachymczyk, B. (2008). Białko (Protein). W: M. Jarosz, B. Buľhak-Jachymczyk (red.) Normy żywienia człowieka. Podstawy prewencji otyłości i chorób niezakaźnych (Norms of human nutrition. Principles of prevention of obesity and non-communicable diseases). (s. 61-91). Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Cash Crop Report. (2011). Braunschweig.
- Dietary protein quality evaluation in human nutrition. (2013). Report of an FAO Expert Consultation. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.
- FAOSTAT. (2018). Pobrane luty 2018 z: faostat.fao.org/default.aspx?lang=en.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A.M., Fenelon, M., Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods* 6(7) 53, 1-21.
- Hryniewicz, L., Roszkowski, W. (2012). Białka (Proteins). W: J. Gawęcki (red.) Żywnienie Człowieka Podstawy Nauki o Żywieniu (Human Nutrition Basics of Nutrition Science). T 1. (s. 204-222). Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Latham, M. C. (1997). Human nutrition in the developing world. Food and Nutrition Series - No. 29. FAO, Rome.
- Majchrzycki, D., Pepliński, B., Baum, R. (2002). Opłacalność uprawy roślin strączkowych jako alternatywnego źródła białka paszowego (Profitability of pulse crops growing as an alternative source of protein in feeding stuff). *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXLIII*, Ekon. 1, 129-136.
- Protein and amino acid requirements in human nutrition. (2007) Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation WHO Technical Report Series 935. WHO, Geneva.
- Protein quality evaluation. (1991). Report of Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Nutrition Paper No. 51. FAO, Rome.
- Schoeneberger, H., Gross, R., Cremer, H.D., Elmadfa, I. (1983). The protein quality of lupins (*Lupinus mutabilis*) alone and in combination with other protein sources. *Plant Foods for Human Nutrition*. 32(2), 133-143.
- Smil, V. (2002). Nitrogen and Food Production: Proteins for Human Diets. *Ambio* 31(2), 126-131.
- van der Spiegel, M., Noordam, M.Y., van der Fels-Klerx, H.J. (2013). Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 662-678.
- Young, V.R., Pellett, P.L. (1994). Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 1203-1212.

Do cytowania / For citation:

- Boczar P. (2018). Białko roślinne – źródła, koszty produkcji i jakość. *Problemy Rolnictwa Światowego*, 18(4), 122-132; DOI: 10.22630/PRS.2018.18.4.103
- Boczar P. (2018). Plant Protein – Sources, Production Costs and Quality (in Polish). *Problems of World Agriculture*, 18(4), 122-132; DOI: 10.22630/PRS.2018.18.4.103