

УДК 581.134:585.683.2

**Світлана БЕЛІНСЬКА,  
Станіслава ЛЕВИЦЬКА**

## **БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ БІЛКА КАПУСТИ БРОКОЛІ**

*Досліджено амінокислотний склад білка сортів капусти броколі, які районовані в Україні. Розраховано амінокислотний скор і визначено біологічну цін-*

---

© Світлана Белінська, Станіслава Левицька, 2016

ність білка. Встановлено, що білок капусти брокколі є цінним джерелом незамінних амінокислот. Визначено сорти капусти брокколі, білок яких має найвищу біологічну цінність.

*Ключові слова:* капуста брокколі, амінокислотний склад, біологічна цінність, оцінка якості білка.

*Белинская С., Левицкая С. Биологическая ценность белка капусты брокколи. Исследован аминокислотный состав белка сортов капусты брокколи, районированных в Украине. Рассчитан аминокислотный скор и определена биологическая ценность белка. Установлено, что белок капусты брокколи является ценным источником незаменимых аминокислот. Определены сорта капусты брокколи, белок которых имеет наивысшую биологическую ценность.*

*Ключевые слова:* капуста брокколи, аминокислотный состав, биологическая ценность, оценка качества белка.

**Постановка проблеми.** У структурі світового обсягу виробництва білка, потенційно придатного для харчування людини, частці рослинного належить 81 %. Основним джерелом його надходження є зернові, зернобобові, баштанні, олійні культури, клубнеплоди, овочі та горіхи [1].

Проблемі вивчення біологічної цінності рослинного білка різних видів свіжих та перероблених плодів і овочів присвячено дослідження науковців, зокрема О. П. Юдічевої [2], В. Ф. Ялпачика [3], Н. П. Загорко [4], Т. В. Щербакової [5] та ін.

Біологічна цінність рослинного білка, порівняно з тваринним, – нижча. Із овочевих культур лише білок картоплі та білоголової капусти за вмістом незамінних амінокислот наближаються до тваринних [6].

Відомо, що в забезпеченні потреб організму повноцінним білком овочі не відіграють визначальну роль через їх невисокий вміст в рослинній сировині та незначні обсяги споживання. Оскільки білок рослинної сировини міститься в щільних клітинних оболонках і важко піддається дії травних ферментів, це знижує його засвоюваність, яка залежно від виду овочів перебуває в діапазоні 70–80 %. Разом з цим аналіз наукових джерел підтверджує, що споживання капусти брокколі забезпечує добову потребу організму в білках на 5–6 %, а їхня засвоюваність становить 80 %. [7].

Дослідження амінокислотного складу та біологічної цінності білка сортів капусти брокколі, районованих в Україні, не проводилися.

*Мета роботи* – дослідження амінокислотного складу та біологічної цінності білка сортів капусти брокколі, районованих в Україні.

**Матеріали та методи.** Об'єкт дослідження – білок капусти брокколі гібридів сортів *Партенон* (французької селекції), *Монако F1*, *Белстар F1*, *Квінта F1* (голландської селекції), які вирощено в однакових агрокліматичних умовах на полях ТОВ "АРТІ" (Харківська обл.) і внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2016 р. [8]. Сорти відрізняються морфо-

логічними (величиною, формою, кольором суцвіття) та господарсько-ботанічними ознаками (врожайністю, вегетаційним періодом) і визнані аграріями найбільш перспективними для вирощування в зоні Лісо-степу України.

Вміст амінокислот визначено методом іонообмінної колонкової хроматографії на автоматичному амінокислотному аналізаторі ААА 339М ("Мікротехна", Чехія) [9]; амінокислотний скор (АС) розраховано порівнянням амінокислотного складу досліджуваного білка з амінокислотним складом гіпотетичного "ідеального" білка за формулою (1):

$$C_j = \frac{AK_i}{AK_i^{\text{етал}}}}{100}, \quad (1)$$

де  $C_j$  – амінокислотний скор  $i$ -ої незамінної амінокислоти білка, %;

$AK_i$  – вміст незамінної амінокислоти білка капусти броколі, мг/100 мг білка;

$AK_i^{\text{етал}}$  – вміст незамінної амінокислоти в еталонному білку, мг/100 мг еталонного білка.

Коефіцієнт розбіжності амінокислотного складу (КРАС) – середню величину надлишку амінокислотного скору незамінних амінокислот у порівнянні з найменшим рівнем скору будь-якої незамінної амінокислоти – розраховано за формулою (2):

$$\text{КРАС} = \frac{\sum_{j=1}^n \Delta \text{РАС}}{n}, \quad (2)$$

де  $\Delta \text{РАС}$  – розбіжність амінокислотного скору амінокислоти, яка розраховується за формулою (3):

$$\Delta \text{РАС} = C_i - C_{\min}, \quad (3)$$

де  $C_i$  – надлишок скору  $i$ -ої незамінної амінокислоти, %;

$C_{\min}$  – мінімальний зі скорів незамінної амінокислоти досліджуваного білка відносно еталону, %;

$n$  – кількість незамінних амінокислот.

Біологічну цінність (БЦ), яка залежить від складу та вмісту незамінних амінокислот, розраховано за формулою (4):

$$\text{БЦ} = 100 - \text{КРАС}. \quad (4)$$

**Результати досліджень.** Амінокислотний склад білка, який свідчить про його біологічну цінність, зумовлений особливостями хімічного складу сировини.

Проведені дослідження амінокислотного складу білка сортів капусти броколі уможливили ідентифікувати та кількісно визначити 8 незамінних і 10 замінних амінокислот (табл. 1).

Таблиця 1

**Амінокислотний склад білка капусти броколі  
гібридів різних сортів, мг/100 мг білка**

*n=5; P ≥ 0.95*

Амінокислота	<i>Партенон</i>	<i>Монако F1</i>	<i>Белстар F1</i>	<i>Квінта F1</i>
<i>Незамінні амінокислоти</i>				
Валін	5.96	5.07	4.98	5.01
Ізолейцин	5.03	4.67	5.11	4.61
Лейцин	5.96	5.34	6.02	5.29
Лізин	6.43	6.17	6.53	6.08
Метіонін + цистин	6.22	5.89	6.41	5.78
Треонін	4.13	4.01	4.63	3.99
Фенілаланін + тирозин	6.86	6.34	7.02	6.22
Триптофан	1.36	1.24	1.56	1.21
Усього	41.95	38.73	42.26	38.19
<i>Замінні амінокислоти</i>				
Глютамінова кислота	17.42	16.27	18.43	18.31
Аргінін	6.90	6.02	6.88	6.82
Аспарагінова кислота	10.56	9.54	10.21	10.18
Серін	4.60	4.06	4.53	4.41
Гліцин	4.82	4.32	4.92	4.83
Аланін	5.50	4.97	5.20	5.11
Пролін	5.03	4.79	5.33	5.19
Гістидин	2.30	2.17	2.41	2.23
Усього	57.13	52.14	57.91	57.08

Установлено, що найбільший вміст незамінних і замінних амінокислот характерний для *Партенон* і *Белстар F1*, однак усі досліджені сорти суттєвих відмінностей за цим показником не мали.

Аналіз незамінних амінокислот свідчить про достатньо високий вміст лізину, лейцину та триптофану, що підтверджує їх високу біологічну цінність. Відомо, що при недостатці в організмі людини лейцину спостерігається порушення процесу кровотворення, знижується кількість еритроцитів і рівень гемоглобіну в крові, лізину – різко знижується маса тіла, відбуваються зміни в нирках і щитовидній залозі. Триптофан відповідає за синтез гемоглобіну, регулює функцію ендокринної системи.

У складі замінних амінокислот встановлено найвищий вміст глютамінової, аспарагінової кислот і аргініну. При дефіциті в харчуванні цих амінокислот в організмі людини можуть відбуватися порушення обміну речовин і, як результат, виникати різні захворювання.

Відомо, що повноцінність білків визначається не тільки вмістом амінокислот, а й їх певним співвідношенням, збалансованістю, легкою перетравлюваністю, гарною засвоюваністю.

Визначення АС білка уможлиблює визначити першу лімітовану кислоту та є необхідним при розрахунку КРАС і БЦ білка. При розрахунку АС враховано суму сірковмісних і ароматичних амінокислот, оскільки метіонін в організмі перетворюється на цистеїн, а фенілаланін трансформується в тирозин (табл. 2).

Таблиця 2

**Якість і біологічна цінність білка капусти броколі  
гібридів різних сортів, %**

Показник	Шкала ФАО/ ВООЗ, мг/ 100 мг	Партенон		Монако F1		Белстар F1		Квінта F1	
		АС	**ΔРАС	АС	**ΔРАС	АС	**ΔРАС	АС	**ΔРАС
Валін	5.0	119.2	33.8	101.4	25.1	99.6	13.6	100.2	24.6
Ізолейцин	4.0	125.8	40.4	116.8	40.5	127.8	41.8	115.3	39.7
Лейцин	7.0	85.4*	0	76.3*	0	86.0*	0	75.6*	0
Лізин	5.5	116.9	31.5	112.2	35.9	118.7	32.7	110.5	34.9
Метіонін + цистин	3.5	177.7	92.3	168.3	92.0	183.1	97.1	165.1	89.5
Треонін	4.0	103.3	17.9	100.3	24.0	115.6	29.6	99.6	24.0
Фенілаланін + тирозин	6.0	114.3	28.9	105.7	29.0	117.0	31.0	103.7	28.1
Триптофан	1.0	136.0	50.6	124.0	47.7	156.0	70.0	121.0	45.4
Σ ΔРАС			295.4		294.2		315.8		286.2
КРАС			36.9		36.8		39.5		35.8
Біологічна цінність			63.1		63.2		60.5		64.2

\* перша лімітована кислота;

\*\* ΔРАС – коефіцієнт розбіжності амінокислотного скору.

Розрахований АС показує, що білки капусти броколі є цінним джерелом ізолейцину, метіоніну, фенілаланіну та триптофану. Скор цих амінокислот наближений до "еталонного" білка, а за вмістом метіоніну та триптофану значно перевищує його.

Проведеними розрахунками встановлено, що найвищою біологічною цінністю володіє білок капусти броколі *Квінта F1* (64.2). Цей сорт виявився найбільш збалансованим за амінокислотним складом порівняно з іншими, які не мали суттєвих розбіжностей за цим показником і характеризувалися достатньо високою біологічною цінністю білка – в межах 60.5–63.2.

Окрім розрахованого АС біологічну цінність білка можна визначити й за сумарним вмістом незамінних амінокислот в 100 г білка. Якщо кількість незамінних амінокислот в 100 г білка не менше 40 г, це свідчить про його високу біологічну цінність. Сумарний вміст незамінних амінокислот корелює з результатами розрахунку скору й підтверджує високу біологічну цінність білка капусти сортів *Партенон* та *Белстар F1*.

Білок капусти броколі, незважаючи на його невисокий вміст (у діапазоні від 2–3 % на сиру речовину), відіграє важливу роль при її зберіганні та переробці. Загальновідомо, що завдяки гідрофільним властивостям білки здатні утримувати вологу, що впливає на збереженість споживних властивостей як свіжої капусти, так і консервованої різноманітними способами. Разом з тим, застосування різних технологічних прийомів, у т. ч. бланшування, сприяє частковому гідролізу білка з утворенням вільних амінокислот, які в подальшому розпадаються до аміаку, амідів і сірководню. При взаємодії амінокислот із цукрами утворюються темнозбарвлені сполуки та спостерігаються втрати незамінних амінокислот (лізину, треоніну). Відомо, що, окрім лізину та треоніну, нестійкими до високих температур є аргінін, валін, гістидин, метіонін, цистеїн, в результаті розщеплення яких виділяється сірководень, що суттєво впливає на органолептичні властивості овочів, а саме – запах. Відносно стабільними до високих температур є пролін, ізолейцин, аланін і аспарагінова кислота.

**Висновки.** Встановлено, що білок капусти броколі всіх досліджуваних сортів характеризується порівняно високою біологічною цінністю, яка перебуває в межах 60.5–64.2. Викладене вище свідчить про необхідність подальших досліджень щодо виявлення впливу різноманітних способів попередньої обробки задля отримання швидкозамороженої капусти броколі прогнозованої якості з мінімальними змінами білкової складової.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кудинов П. И., Щеколдина Т. В., Слизькая А. С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка. Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 5—6. С. 7—9.
2. Юдічева О. П. Товарні властивості ферментованих та маринованих кабачків та патисонів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.15 "Товарознавство харчових продуктів". Харків, 2000. 20 с.
3. Ялчачик В. Ф. Оптимізація технології заморожування баклажанів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.03 "Первинна обробка та зберігання продуктів рослинництва". Херсон, 2004. 22 с.
4. Загорко Н. П. Вплив способів зберігання на якість плодів солодкого перцю : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.03 "Первинна обробка та зберігання продуктів рослинництва". Херсон, 2006. 24 с.
5. Щербакова Т. В. Стабілізація природного кольору продуктів переробки фруктів та овочів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.15 "Товарознавство харчових продуктів". Харків, 2009. 19 с.
6. Болотских А. С. Овощи Украины. Харьков : Орбита, 2001. 1088 с.
7. Purification of plant extracts for ion-exchange chromatography of free amino acids. W. Lazarus. Elsevier. 1973. № 87. P. 169—178.
8. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України. 2015. URL : <http://vet.gov.ua/node/919> (дата звернення: 02.11.2016).

9. ISO 13903:2005 Animal feeding stuffs. Determination of amino acids content. International Organization for Standardization. 2005. URL : [http://www.iso.org/iso/ru/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37258](http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37258) (Last accessed: 01.11.2016).

Стаття надійшла до редакції 14.11.2016.

**Belinska S., Levitska S. Biological value of broccoli protein.**

**Background.** The biological value of vegetable protein is lower compared to animal one. Among vegetable crops only the proteins of potatoes and cabbage on the content of essential amino acids are close to the animal proteins.

It is known that vegetable proteins do not play a decisive role to meet the needs of the body due to their low content in the plant material and low consumption. As plant protein is in the dense cell membranes and is difficult to be digested by enzymes, it reduces their absorption, which depending on the kind of vegetables is in the range of 70–80 %. The studies of the amino acid content and biological value of protein of broccoli cultivated in Ukraine had not been conducted yet.

*The aim* of this study is identification the amino acid composition and biological value of the protein of cabbage broccoli zoned in Ukraine.

**Material and methods.** The object of the study is protein of broccoli cabbage variety *Partenon*, *Monaco F1*, *Belstar F1*, *Quinta F1*. Studies were conducted on the following parameters: the content of amino acids and biological value of protein.

**Results.** When determining amino acid composition of protein of broccoli cabbage of different varieties it was found that the *Partenon* variety (41.95 and 57.13 mg/100 mg protein) and *Belstar F1* (42.26 and 57.91 mg/100 mg protein) contain the greatest amounts of amino acids. However, it should be noted that the investigated varieties of broccoli had no significant differences on this indicator. The conducted studies established that protein of broccoli variety *Quinta F1* has the highest biological value (64.2).

**Conclusion.** It has been established that all the studied varieties of broccoli have comparatively high biological value that is within 60.5–64.4. Thus it's possible to claim that broccoli is a source of predominantly full vegetable proteins, but their amino acid composition is not balanced, which reduces their biological value compared to animal proteins. But at the same time it is known that vegetable proteins have a number of advantages over animals proteins, and therefore are being applied in the food industry more and more.

*Keywords:* broccoli, amino acid composition, biological value, quality assessment of protein.

#### REFERENCES

1. *Kudinov P. I., Shhekoldina T. V., Sliz'kaja A. S.* Sovremennoe sostojanie i struktura mirovih resursov rastitel'nogo belka. *Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija.* 2012. № 5—6. S. 7—9.
2. *Judicheva O. P.* Tovarni vlastyosti fermentovanyh ta marynovanyh kabachkiv ta patysoniv : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.15 "Tovarovnavstvo harchovyh produktiv". Harkiv, 2000. 20 s.
3. *Jalpachyk V. F.* Optymizacija tehnologii' zamorozhuvannja baklazhaniv : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.03 "Pervynna obrobka ta zberigannja produktiv roslynnytva". Herson, 2004. 22 s.
4. *Zagorko N. P.* Vplyv sposobiv zberigannja na jakist' plodiv solodkogo percju : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.03 "Pervynna obrobka ta zberigannja produktiv roslynnytva". Herson, 2006. 24 s.

5. *Shherbakova T. V.* Stabilizacija pryrodnogo kol'oru produktiv pererobky fruktiv ta ovochiv : avtoref. dys. ... kand. tehn. nauk : spec. 05.18.15 "Tovaroznavstvo harchovyh produktiv". Harkiv, 2009. 19 s.
6. *Bolotskih A. S.* Ovoshhi Ukrainy. Har'kov : Orbita, 2001. 1088 s.
7. *Purification* of plant extracts for ion-exchange chromatography of free amino acids. W. Lazarus. Elsevier. 1973. № 87. P. 169—178.
8. Derzhavnyj rejestr sortiv roslyn, prydatnyh dlja poshyrennja v Ukrai'ni. Derzhavna veterynarna ta fitosanitarna sluzhba Ukrai'ny. 2015. URL : <http://vet.gov.ua/node/919> (data zvernennja: 02.11.2016).
9. ISO 13903:2005 Animal feeding stuffs.Determination of amino acids content. International Organization for Standardization. 2005. URL : [http://www.iso.org/iso/ru/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=37258](http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37258) (Last accessed: 01.11.2016).