

УДК 547.458.2

АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ФЕРМЕНТОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМАМИ РІЗНИХ ТАКСОНОМІЧНИХ ГРУП

Л. В. Баль-Прилипка¹, С. Г. Даниленко¹, О. І. Потемська², О. В. Науменко¹, Т. А. Крижська³

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

²Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук, Україна.

³Сумський національний аграрний університет, Україна.

Стаття з спеціальності: 162 – біотехнології та біоінженерія.

Кореспонденція авторів: svet1973@gmail.com.

Історія статті: отримано – січень 2020, акцептовано – квітень 2020.

Бібл. 22, рис. 1, табл. 4.

Анотація. У статті представлено метод вирішення проблеми підвищення біологічної цінності молочних продуктів за рахунок залучення до заквашувальної мікробіоти культур біфідо- та пропіоновокислих бактерій та розраховано амінокислотний скор отриманих продуктів.

Мета дослідження впливу мікроорганізмів різних таксономічних груп на формування амінокислотного складу готових кисломолочних напоїв.

Методика реалізації. Визначення амінокислотного складу молочних продуктів проводили на амінокислотному аналізаторі «Biotronik LC-2000». Об'єктами дослідження було ферментоване молоко бактеріями різних таксономічних груп з колекції відділу біотехнології Інституту продовольчих ресурсів НААН.

Визначено зразки, білок яких найбільше збалансований за амінокислотним складом. Зміни в амінокислотному складі молочних продуктів обумовлені в основному коливаннями замінних амінокислот. Співвідношення незамінних і замінних амінокислот може бути показником повноцінності білків молочних продуктів залежно від штаму мікроорганізмів. Збагачення молочного продукту біфідо- та пропіоновокислими бактеріями призвело до збільшення незамінних амінокислот у сумарному вигляді на 80%.

Зроблено висновок, що склад заквашувального препарату для молочних продуктів суттєво впливає на біологічну цінність готового продукту. Тому слід розширювати асортимент заквашувальних препаратів за рахунок залучення мікроорганізмів різних таксономічних груп.

Ключові слова: амінокислота, біологічна цінність, молочні продукти, мікроорганізми, жирні кислоти.

Постановка проблеми

Дієтична цінність кисломолочних продуктів визначається їх хімічним складом, який характеризується збалансованим співвідношенням поживних основних речовин: білку, жиру, вуглеводів, мінеральних

речовин. Особливістю амінокислотного складу ферментованих молочних продуктів є накопичення тих амінокислот, які помірно або зовсім не використовуються у метаболізмі мікроорганізмів заквашувальної мікробіоти. Актуальним завданням є вивчення впливу мікроорганізмів різних таксономічних груп на амінокислотний склад ферментованих продуктів. Саме це може допомогти споживачу оцінити харчову цінність молочного продукту

Аналіз останніх досліджень

Дієтичні властивості кисломолочних продуктів полягають, насамперед, в тому, що вони покращують обмін речовин, стимулюють виділення шлункового соку і збуджують апетит. Наявність у їх складі мікроорганізмів, здатних призвичаїтися у кишечнику і пригнічувати патогенну мікробіоту, призводить до гальмування гнильних процесів і припинення утворення отруйних продуктів розпаду білку, що потрапляють в кров людини.

Вміст у молоці вільних амінокислот та розчинних низькомолекулярних пептидів доволі низький і здатний забезпечити потреби лактобактерій лише на 8–16% [1]. Але молоко містить 3–3,5% казеїну, що компенсує нестачу необхідних азотвмісних сполук після його гідролізу протеазами та пептидазами молочнокислих бактерій.

Молочні продукти є джерелом білку, який є легкозасвоюваним в порівнянні з молоком. Білки кисломолочних продуктів забезпечують весь набір незамінних амінокислот, які не продукують організмом і повинні надходити з їжею. У 200 мл йогурту міститься близько 25% від необхідного добового надходження кальцію і вітаміну В₁₂, 20% – фосфору, 15% – вітаміну В₂ і цинку, 10% – білка, калію, магнію, вітаміну В₁ [2].

Білки молока багаті найбільш дефіцитними незамінними амінокислотами, яких часто бракує в раціоні харчування людини, до них відносяться триптофан, метіонін, лізин. Особливостями амінокислот-

ного складу ферментованих молочних продуктів є накопичення підвищеної кількості тих амінокислот, котрі помірно або зовсім не використовуються у метаболізмі мікроорганізмів заквашувальних культур. Зокрема, у кисломолочних напоях спостерігається посилене накопичення глутамінової кислоти, проліну, у меншій мірі аланіну та серіну [3]. Метіонін бере участь у функціональній діяльності печінки, необхідний для профілактики атеросклерозу [4]. Триптофан є одним з росткових факторів, а лізин бере участь в кровотворенні, підтримці азотистого рівноваги в організмі [5]. Засвоюваність білків молочних продуктів становить 95-97% [6].

Одним з основних умов підвищення органолептичних властивостей молочнокислих продуктів є підбір виробничоцинних штамів різних таксономічних груп, що володіють низькою енергією кислотоутворення і високою протеолітичною активністю.

Різним видам та штамам молочнокислих мікроорганізмів притаманний неоднаковий ступінь протеолітичної активності, так, паличкові форми можуть переводити у розчинну форму 16–30 % казеїну, тоді як коки – лише 9–17 % [7]. Протеолітична активність молочнокислих мікроорганізмів має видову і штамову специфічність. Найвищою здатністю до протеолізу характеризуються лактобацили *Lb. helveticus*, *Lb. bulgaricus*, *Lb. acidophilus* і *Lb. casei*. Вони можуть перевести у розчинну форму до 25–30% казеїну. Дещо слабкішими за цією ознакою є мезофільні лактококи роду *Lactococcus* – 15–20% утилізованого казеїну, а *S. salivarius* subsp. *thermophilus* є найслабкішими протеолітами – всього 14–15% утилізованого казеїну [8, 9].

Вивчаючи зміну амінокислотного спектру при розвитку *S. thermophilus* та *L. bulgaricus* встановили, що особливо чітко відмінності протеолітичної активності цих культур спостерігаються в перші години розвитку [10].

Термофільні стрептококи в перші 6 годин культивування споживали майже всі вільні амінокислоти вихідного молока. Вони повністю використовували гліцин, сірин, аланін, тирозин, метіонін та валін. За той самий час лактобацили встигали накопичити значну кількість амінокислот, серед яких – гістидин, аргінін, тирозин, фенілаланін та лейцин. Зменшувався, як правило, вміст треоніну. В змішаних культурах вміст вільних амінокислот був меншим, ніж в чистих культурах молочнокислих паличок, що пояснювалось споживанням їх стрептококами [11].

Загальною характерною особливістю для всіх видів молочнокислих бактерій є інтенсивне нагромадження амінного азоту у період активного їх росту (до 3 діб), а також підвищення розчинних азотистих речовин та зниження вмісту загального розчинного і амінного азоту протягом всього досліджуваного періоду [12].

Протеолітична система молочнокислих та біфідобактерій представлена протеазами та пептидазами. Перший етап розкладу казеїну відбувається під дією протеаз. Ці ферменти характеризуються високою молекулярною вагою (80–145 кДа) з оптимумом рН в межах 5,5–6,5 і активуються або стабілізуються іона-

ми кальцію. Протеази лактобактерій переважно гідролізують білкові фрагменти, але можуть вибірково атакувати і фракції нативного казеїну. Вони, як правило, зв'язані з клітинною стінкою і цитоплазматичною мембраною [13].

Виявлено протеолітичну систему у пропіновокислих бактерій, що використовуються у молочній промисловості [14]. Вона містить два типи різних протеаз, а саме, одні з них асоційовані з клітиною стінкою і діють виключно на β -казеїн у експоненціальній фазі росту, тоді як інші реєструються наприкінці активного росту і характеризуються меншою специфічністю. Останні ферменти локалізовані на клітинній мембрані.

Глибший розпад білків здійснюється пептидазами – амінопептидазою, імінопептидазою, ди- і трипептидазою, проліназою, пролідазою, ендопептидазою і карбоксилпептидазою.

Ці активності були визначені у мезофільних лактококів *L. lactis*, *L. cremoris*, *L. diacetylactis* та термофільних лактобацил *Lb. helveticus*, *Lb. bulgaricus* і *Lb. acidophilus* [15]. Більшу кількість вільних амінокислот, у порівнянні із стрептококами, накопичують *L. bulgaricus* та *L. acidophilus* (до 15 мг%), види *L. casei* та *L. plantarum* – значно менше (до 6,8 мг%). Ці відмінності пояснюються зниженою протеолітичною активністю стрептококів, та їх більшими потребами у вільних амінокислотах у порівнянні з паличками.

Остаточно механізм утилізації коротколанцюгових пептидів (до 6 амінокислотних залишків) молочнокислими бактеріями ще не визначений.

Вважається, що первинний гідроліз пептидів здійснюється пептидазами клітинної стінки поза клітиною, а потім дипептиди переносяться в середину клітини специфічними транспортними системами, де й гідролізуються цитоплазматичними пептидазами до амінокислот [16].

Ступінь протеолітичної активності молочнокислих бактерій залежить від фази розвитку мікроорганізмів, і в період їх інтенсивного росту активність протеолізу вища [17].

Необхідно відмітити, що специфічність протеолітичних ферментів лактобактерій багато в чому визначає сенсорні характеристики та дієтичні властивості ферментованих молочних продуктів [18].

Отже, протеолітичну активність можна розглядати як ще один критерій відбору виробничо цінних штамів лактобактерій. По-перше, ця властивість характеризує здатність мікроорганізму розщеплювати білок і використовувати продукти його розпаду для власного конструктивного обміну речовин

У цьому випадку за ступенем утворення і використання, в першу чергу, вільних амінокислот можна судити про активність розмноження і деяких інших процесів життєдіяльності мікроорганізму.

По-друге, не використані мікроорганізмами в процесі їх метаболізму і накопичені в середовищі гідролізати білків, підвищують дієтичні властивості, харчову цінність і органолептичні показники ферментованих молочних продуктів.

Мета досліджень

Мета дослідження – дослідження впливу мікроорганізмів різних таксономічних груп на перебіг процесів перетворення азотистих сполук та формування амінокислотного складу готових кисломолочних напоїв.

Результати досліджень

Об'єктами дослідження було ферментоване молоко бактеріями різних таксономічних груп з колекції відділу біотехнології Інституту продовольчих ресурсів НААН. Для виготовлення кисломолочних продуктів використовували пастеризоване молоко 2,5%. Скважували до досягнення в продуктах титрованої кислотності 70°Т за температури 37°С.

Масову частку загального білка та небілкового азоту визначали методом К'ельдаля (ДСТУ ISO 8968:2005 – частини 2,4; ДСТУ ISO 17997-1/IDF 29-1:2009 (дигестор і дистилятор «Fisher Bioblock Scientific», Італія)).

Амінокислотний аналіз проводили на амінокислотному аналізаторі «Biotronik LC-2000» (Німеччина) з фотоколориметричним детектором. Детекцію проводили на довжині хвилі 570 нм. Для цього проводили гідроліз білка обробкою 0,1 мл молока 6 н розчином HCl, відгонкою повітря в струмі аргону, витримкою за температури 120°С протягом 24 год, випарюванні за допомогою ротаційного випарювача «RVO 400» («Ingos, s.r.o.», Чеська Республіка), розчинення в буфері з pH 2,2.

Титрована кислотність проби w, в градусах Тернера, дорівнює обсягу водного розчину гідроксиду натрію 0,1 N, витраченого на нейтралізацію 10 г кисломолочного продукту, помноженого на 10. За остаточний результат приймали середньоарифметичне значення результатів двох паралельних вимірювань.

Амінокислотний скор (%), розраховано за формулою [19]:

$$AC = \frac{AK_x}{AK_c} \cdot 100, \quad (1)$$

де AC – амінокислотний скор; AK_x – вміст амінокислоти у досліджуваному продукті, мг/г білку; AK_c – вміст амінокислоти у еталонному білку, мг/г білку.

Вміст летких органічних кислот у молочних згустках (дистиляційне число) визначали за мікрометодом [20].

Білки кисломолочних продуктів повністю перетравлюються в кишківнику людини. Розщеплення білків відбуваються під впливом ферментів заквашувальної мікробіоти. Ступінь розщеплення білків залежить від штаму мікроорганізмів.

Вміст загального азоту і білка та титрованої кислотності в дослідних зразках наведено в таблиці 1.

Аналіз даних показав, що відзначено збільшення масової частки білку у варіанті Д1 та Д4 в порівнянні з варіантами Д2 та Д3, але різниця статистично не достовірна.

Спостерігається зменшення загального азоту, загального білку в комбінації штамів для кисломолочного продукту з вмістом біфідобактерій та пропіоновокислих бактерій у порівнянні з комбінацією штамів Д4. Це свідчить про те, що продукт посилюється протеолітичною активністю біфідобактерій та прискоренням засвоєння інших азотистих сполук молока.

Титрована кислотність зразків була на рівні від 105 °Т до 114 °Т. Ці штами не є активними кислототворювачами.

Дані про вміст амінокислот в ферментованому молоці різними штамами *St. thermophilus* та їх композицією, представлені в таблиці 2.

Всього було виявлено 16 амінокислот, в тому числі 7 незамінних, що свідчить про високу біологічну цінність отриманих продуктів.

За сумою незамінних амінокислот білок молока ферментованого штамом *St. thermophilus* 2176 значно відрізняється від білка молока ферментованого штамом *St. thermophilus* 2120. Наприклад, за кількістю лізину, фенілаланіну, валіну – на 1503,6 %, 295,5 % та 268,2 %. Метіонін та ізолейцин були відсутні у продуктів ферментованого штамом *St. thermophilus* 2120. Самоквашне молоко (К) містило лише одну незамінну амінокислоту – лізин у кількості 57 мг/100г.

Таблиця 1. Загальна кількість білку в дослідних штамах та їх комбінаціях.

Table 1. The total amount of protein in the experimental strains and their combinations.

Дослід	Штами	Масова концентрація, %		Кислотність через 12 год. скашивания, °Т
		Загальний азот	Загальний білок	
Д1	<i>St. thermophilus</i> 2176	0,497±0,002	3,166±0,03	110±3
Д2	<i>St. thermophilus</i> 2120	0,433±0,001	2,758±0,01	114±2
Д3	<i>St. thermophilus</i> 2138	0,455±0,001	2,898±0,02	111±3
Д4	Комбінація штамів <i>St. thermophilus</i> 1:1:1	0,473±0,002	3,013±0,02	116±4
Д5	<i>B. bifidum</i> 4101	0,476±0,002	3,032±0,02	105±5
Д6	<i>B. longum</i> 4201	0,452±0,001	2,879±0,01	114±3
Д7	<i>B. adolescentis</i> 4400	0,465±0,002	2,962±0,01	108±4
Д8	<i>P. freudenreichii</i> H-110	0,443±0,001	2,821±0,02	-
Д9	Комбінація штамів (Д4+Д5+Д6+Д7+Д8)	0,469±0,003	2,988±0,02	117±4

Таблиця 2. Якісний та кількісний склад амінокислот у ферментованому молоці різними штамами *St. thermophilus* та їх композицією.

Table 2. Qualitative and quantitative composition of amino acids in fermented milk by different strains of *St. thermophilus* and their composition.

Амінокислоти	Вміст, мг/100г продукту				
	К	Д1	Д2	Д3	Д4
<i>Незамінні амінокислоти, в тому числі</i>					
Треонін	0	61	523	0	0
Валін	0	1491	556	387	817
Метіонін	0	538	0	0	96
Ізолейцин	0	738	0	597	320
Лейцин	0	1886	348	1000	674
Фенілаланін	0	1248	83	295	2269
Лізин	57	1244	421	614	677
<i>Сума незамінних амінокислот</i>	57	7206	1931	3343	4853
<i>Замінні амінокислоти, в тому числі</i>					
Аспарагінова кислота	156	0	1136	193	104
Серін	0	463	0	813	986
Глутамінова кислота	5361	9756	1996	6976	9285
Пролін	374	3665	4422	241	2186
Гліцин	863	305	0	0	0
Аланін	103	793	231	1113	982
Тирозин	0	0	0	194	0
Гістидин	0	1039	654	652	59
Аргінін	0	0	0	0	673
<i>Сума замінних амінокислот</i>	6857	16021	8439	10182	14275
<i>Співвідношення між НАК і ЗАК</i>	0,008	0,449	0,229	0,328	0,339

Що стосується замінних амінокислот, то їх виявлено дев'ять. Глутамінова кислота та пролін було виявлено у всіх зразках. Гліцин був відсутній у зразках Д2-Д4. В контролі його було більше у 2,8 рази ніж у зразку Д1. Аланін було виявлено тільки у зразку Д4 ферментованому композицією *St. thermophilus*. Найбільшу кількість проліну було виявлено у зразку Д2., кількість якого у 11,8; 1,2; 18,3; 2,0 разів вище ніж у К, Д1, Д3 та Д4 відповідно.

Дані отримані нами узгоджуються з даними опублікованими в [21, 22] в яких зазначено, що кількість вільних амінокислот в молоці незначна - від 0,5 до 2 мг % та виявили в ньому аргінін, гістидин, лізин, лейцин, валін, гліцин, аспарагінову кислоту та ін.

Біологічна цінність продуктів харчування характеризуються амінокислотним скором. Скор – це відсоткова місткість кожної з амінокислот продукту по відношенню до їх вмісту в ідеальному білку. Для вираження біологічної цінності продуктів використовують метод, що заснований на порівнянні амінокислотного складу заданого продукту з «ідеальним» біл-

ком по амінокислотній шкалі, що рекомендовано комітетом ФАО/ВОЗ. Для розрахунку амінокислотного скору визначають масову долю кожної незамінної амінокислоти в конкретному продукті і порівнюють її з відповідною амінокислотою в «ідеальному» білку.

Найбільш цінні для людини – сірковмісні амінокислоти: метіонін, що приймає участь в кровотворенні, а також утворенні холіну і фосфоліпідів; триптофан в синтезі тканин; лізин – в кровотворенні і процесах обміну речовин в організмі.

Характеристику біологічної цінності білків сквашеного молока різними штамами *St. thermophilus* отримували, розрахувавши значення амінокислотного скору, що показує вміст амінокислот в даних продуктах в порівнянні з вмістом їх в повноцінному білку, прийнятому за стандарт відповідно до шкали ФАО / ВООЗ (табл. 3). Отримані дані свідчать про біологічну повноцінність білку таких продуктів, так як вони містять практично всі незамінні амінокислоти (визначення триптофану не проводилося).

Таблиця 3. Амінокислотний скор білкумолочних продуктів (порівняно зі шкалою ФАО/ВООЗ), г/100 г білку.

Table 3. Amino acid score of dairy protein (compared to the scale FAO/WHO), g / 100 g of protein.

Незамінні амінокислоти	Еталон ФАО/ВОЗ	Скор,%				
		К	Д1	Д2	Д3	Д4
Треонін	40,0	0	152,5	1307,5	0	0
Валін	50,0	0	2982	1112	1674	1634
Метіонін	35,0	0	1537,1	0	0	274,3
Ізолейцин	40,0	0	1845	0	1492,5	800
Лейцин	70,0	0	2694,3	419,3	1428,57	962,9
Фенілаланін	60,0	0	2080	138,3	491,7	3781,7
Лізин	55,0	103,6	2261,8	765,4	1116,4	1230,9

Еталоном білкового продукту вважаємо ідеалізовану модель білкового продукту, запропоновану FAO/WHO. Біологічна цінність білкових композицій залежить від умісту в них незамінних амінокислот (НАК) і співвідношення їх у молочному продукті й ідеалізованому білку.

Так самоквашне молоко не містить в собі спектр незамінних амінокислот. Тільки лізин має більшу кількість в порівнянні зі шкалою FAO/ВОЗ. Всі штами, якими було ферментоване молоко, мали гарні показники в порівнянні з самоквашним молоком. Найвищим скором вирізнявся штам *St. thermophilus* 2176 і становив 13552,7, що в 130 разів більше, ніж у самоквашному молоці. Найнижчим був штам *St. thermophilus* 2120 і становив 3742,5.

Проведений розрахунок амінокислотного скору термофільних стрептококів та їх комбінації, показав, що білок в цих варіантах є повноцінним та за вмістом незамінних амінокислот згідно зі шкалою FAO/ВОЗ перевищує ідеальний білок майже за всіма амінокислотами на 52...2882%. А сумарна кількість амінокислот фенілаланін+тирозин значно перевищують їх вміст.

Наведені в таблицях 2 та 3 дані, свідчать про біологічну повноцінність білків молочних продуктів сквашених дослідженими штамми. Отримані дані дають можливість рекомендувати їх залучати до складу заквашувального препарату.

Перспективним направленням підвищення дієтичних властивостей кисломолочних продуктів є використання спеціально підібраних і виділених в результаті селекції культур біфідобактерій, пропіоновокислих бактерій та інших мікроорганізмів, що надають продуктам функціональних властивостей.

Проведено дослідження із залученням біфідобактерій та пропіоновокислих бактерій. Для ферментації були обрані чисті культури *B. bifidum* 4101, *B. longum* 4201, *B. adolescentis* 4400, *P. freudenreichii* H-110. Ці культури було обрано з музею відділу біотехнології інституту продовольчих ресурсів, як культури – пробіотики. Було проаналізовано як впливають пробіотичні культури на характеристику готового продукту за амінокислотним та жирнокислотним складом (табл. 4).

Таблиця 4. Амінокислотний скор білків у дослідних зразках молочних продуктів.

Table 4. Amino acid rate of proteins in experimental samples of dairy products.

Незамінні амінокислоти	Еталон FAO/ВОЗ	Скор,%					
		Д4	Д5	Д6	Д7	Д8	Д9
Треонін	40,0	0	301,75	339,25	403,25	0	2495
Валін	50,0	1634	0	0	0	1482,0	466
Метіонін	35,0	274,3	0	0	0	0	0
Ізолейцин	40,0	800	0	0	0	170	0
Лейцин	70,0	962,9	0	0	0	441,43	425,71
Фенілаланін+тирозин	60,0	3781,7	481,66	620,0	9838,0	8830,0	6071,66
Лізин	55,0	1230,9	1247,27	187,45	1687,27	703,63	1394,54

Як видно з отриманих даних найбільшою кількістю вирізнялися амінокислоти - лізин, лейцин, фенілаланін та треонін. Як в окремих штаммах так і в композиції кількість зросла в рази. Відомо, що особливе значення має лізин. Ця амінокислота необхідна для нормального формування кісток, сприяє засвоєнню кальцію і підтримці нормального обміну азоту у дорослих людей. Також збільшився вміст треоніну та фенілаланіну. Ці амінокислоти позитивно впливають на настрій, зменшують біль, покращують пам'ять. Ще відомо, що лізин та треонін є суворо незамінними, вони чутливі до катаболізму і важливі для синтезу білку. А концентрація фенілаланіну була вищою у складі композиції для кисломолочного продукту в порівнянні з одноштамовими зразками (Д5-Д8) та композицією Д4.

За сумою незамінних амінокислот білок молока ферментованого Д4 практично не відрізняється від білка молока ферментованого Д9 а за вмістом окремих амінокислот навіть перевершує його. Наприклад, за кількістю лізину і треоніну - на 4,7 і 5,3%. Кількість інших незамінних амінокислот однакове або незначно менше.

Збагачення кисломолочного продукту біфідо- та пропіоновокислими бактеріями призвело до збільшення незамінних амінокислот у сумарному вигляді на 80%. Але, якщо говорити по окремим амінокислотам, то найвищим показником є сума двох амінокислот- фенілаланін+тирозин. Кількість її зросла на 60%. А такі амінокислоти, як метіонін та ізолейцин взагалі були відсутні в кисломолочному продукті Д9 Це не суттєво вплинуло на органолептичні показники. А ось треонін, збільшився і мав високий показник. Відомо, що треонін сприяє підтримці нормального білкового балансу в організмі людини, впливає на процеси росту, приймає участь в творенні антитіл, підвищує імунітет організму.

Наступним етапом досліджень було визначення летких жирних кислот (ЛЖК).

Слід зазначити, що жирно кислотний склад продукту є одним із важливих компонентів у харчовій цінності. Наявність летких жирних кислот відповідає за смак та аромат продукту. Результати досліджень жирнокислого складу штамів наведені на рисунках 1а та 1б.

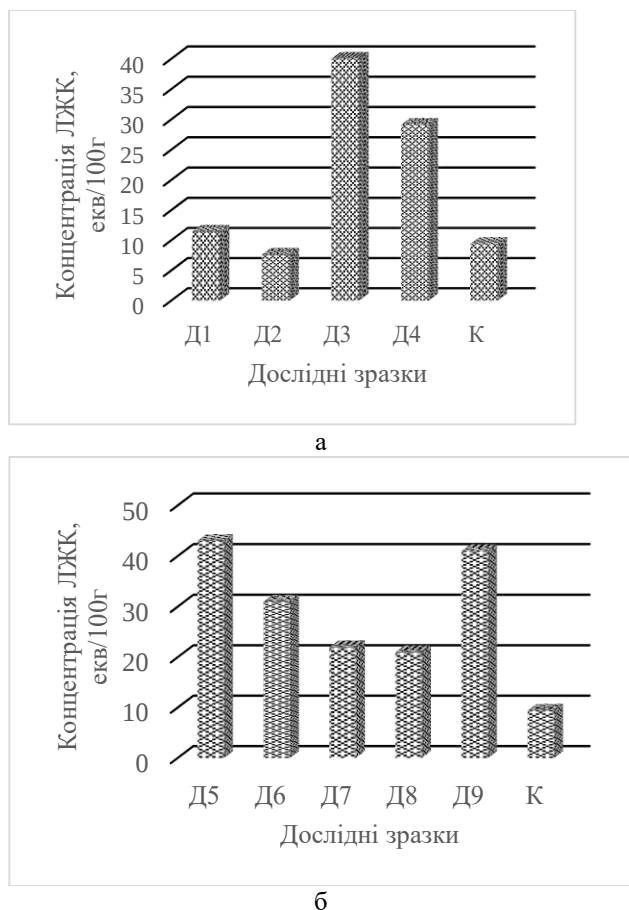


Рис. 1. Концентрація летких жирних кислот у дослідних зразках Д1-Д9 (дивись таблицю 1) та К – контроль

Fig. 1. Concentration of volatile fatty acids in test samples D1-D9 (see table 1) and K – control.

За результатами експериментальних даних видно, що окремі штами мікроорганізмів мають різну концентрацію ЛЖК.

Як видно з рисунку, найбільшу концентрацією ЛЖК виявили у зразка Д3 і дорівнювала 37,75 мекв/100г продукту та у комбінації термофільних стрептококів Д4, що дорівнювала 30,33 мекв/100г продукту.

Серед *Bifidobacterium* найбільший показник ЛЖК був у Д5 і кількість становила 43,75 мекв/100г продукту, а найнижчий був у Д7 – 22,42 мекв/100г продукту. Найціннішим складом ЖК характеризувалась комбінація штамів. В даному зразку кількість жирних кислот була на рівні 41,77 мекв/100г продукту. Цей показник був найкращим серед всіх досліджуваних штамів та комбінацій, не рахуючи зразок Д5. Тому, комбінацію з штамів - Д9, обрано для наступних досліджень.

Розпад білків і амінокислот під впливом ферментів молочнокислих, пропіоновокислих бактерій та біфідобактерій має позитивне значення – молочні продукти збагачуються розчинними в воді азотистими і безазотистими сполуками, внаслідок чого готовий продукт набуває певної консистенції, характерний смак і запах, а також легко перетравлюється в шлунково-кишковому тракті людини.

Висновки

1. Формування мікробіоти заквашувальної культур для молочних продуктів за рахунок залучення мікроорганізмів різних таксономічних груп (а саме біфідо- та пропіоновокислих бактерій) є доцільним, оскільки сприяє поліпшенню амінокислотного складу нових продуктів і, зокрема, підвищенню їх біологічної цінності.

2. Показано що максимальним вмістом есенціальних амінокислот характеризується зразок Д9. Спостерігається посилення продукування замінних амінокислот, зокрема, глутамінової кислоти та проліну. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що застосування досліджених штамів істотно змінює органолептичні властивості продукції за рахунок утворених летких жирних кислот.

Список літератури

1. Heo J., Lee K., Garduno-Ramirez R. Multiobjective Control of Power Plants Using Particle Swarm Optimization Techniques. IEEE Transactions on Energy Conversion. 2006. Vol. 21. Issue 2. P. 552-561. DOI: 10.1109/TEC.2005.858078.
2. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А., Колпакова В. В., Витол И. С., Кобелева И. Б. Пищевая химия. Санкт-Петербург: Гиорд, 2003. С. 17-121.
3. Банникова А. В., Евдокимов И. А. Молочные продукты, обогащенные сывороточными белками: технологические аспекты создания. Молочная промышленность. 2015. № 1. С. 64-66.
4. Губський Ю. І. Біологічна хімія: підручник. Київ-Тернопіль: Укрмедкнига, 2000. 508 с.
5. Лысков Ю. А. Аминокислоты в питании человека. Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 2. С. 88-105.
6. Kelly G. Inulin-Type prebiotics: a review (part 2). Alternative Medicine review. 2012. Vol. 14. Issue 1. P. 36-55.
7. Miremadi F., Shah N. P. Applications of inulin and probiotics in health and nutrition. International Food Research Journal. 2012. Vol. 19. Issue 4. P. 1337-1350.
8. Джесперсон Н. Ж. Т. Протеолитическая активность некоторых молочнокислых бактерий. XVII Международный конгресс по молочному делу. М.: «Пищевая промышленность», 1971. С.209-213.
9. Thomas T. D., Mills O. E. Proteolytic enzymes of dairy starter cultures. FEMS Microbiol. Rev. 1987. Vol. 46, Issue 3. P. 245-268.
10. Gilbert Ch., Blank B., Frot-Coutaz J. Comparison of cell surface proteinase activities within the *Lactobacillus* genus. J. Dairy Res. 1997. Vol. 64, Issue 3. P. 894-899. DOI: 10.3390/microorganisms3020198.
11. Slocum S. A., Jasinski E. M., Kilara A. Processing variables affecting proteolysis in yoghurt during incubation. J. Dairy Sci. 1988. Vol. 71, Issue 3. P. 596-603. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79596-X.
12. Shihata A., Shah N.P. Proteolytic profiles of yoghurt and probiotic bacteria. Intern. Dairy J. 2000. Vol. 10. Issue 5-6. P. 401-408. DOI: 10.1016/s0958-6946(00)00072-8.

13. Durlu-Ozkaya F., Xanthopoulos V., Tunail N., Litopoulou-Tzanetaki E. Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes milk. *Journal of Applied Microbiology*. 2001. Vol. 91. Issue 5. P. 861-870. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01448.x.
14. Dupuis C., Corre C., Boyaval P. Proteinase activity of dairy propionibacterium. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1990. Vol. 42. Issue 5. P. 750-755. DOI: 10.1007/BF00171957.
15. Mierau I., Kunji E. R., Venema G., Kok J. Casein and peptide degradation in lactic acid bacteria. *Biotechnol Genet. Eng. Rev.* 1997. Vol. 14. Issue 1. P. 279-302. DOI: 10.1080/02648725.1997.10647945.
16. Ono H., Yamamoto N., Maeno M., et al. Purification and characterization of cell-wall associated proteinase of *Lactobacillus helveticus* CP53. *Milchwissensch.* 1997. Vol. 52. Issue 7. P. 373-377.
17. Christensen J. E., Duddley E. G., Pederson J. A., Steele J. L. Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Antoni van Leeuwenhoek*. 1999. Vol. 76. Issue 1-4. P. 217-246. DOI: 10.1023/A:1002001919720.
18. Vaitheeswaran N. I., Bhat G. Influence of lactic cultures in denaturation of whey proteins during fermentation of milk. *J. Dairy Res.* 1988. Vol. 55. Issue 3. P. 443-448. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900028697>.
19. Gobbetti M., Stepaniak L., Fox P. F. Inhibition of endo- and aminopeptidase activities in cytoplasmic fraction of *Lactococcus*, *Lactobacillus* and *Propionibacterium* by peptides from different cheeses. *Milchwissensch.* 1995. Vol. 50, Issue 10. P. 565-570.
20. Инихов Г. С., Брио Н. П. Методы анализа молока и молочных продуктов. М.: «Пищев. пром.» – 1971. – 275 с.
21. Шидловская В.П. Содержание мочевины в заготавливаемом молоке. *Молочная промышленность*. 1982. № 4. С. 26-28.
22. Malossini F., Bovolenta S., Piras C., Dalla Rosa M., Ventura W. Effect of diet and breed on milk composition and rennet coagulation properties. *Ann. Zootechn.* 1996. Vol. 45. Issue 1. P. 29-40.
6. Kelly G. (2012). Inulin-Type prebiotics: a review (part 2). *Alternative Medicine review*. Vol. 14. 36-55.
7. Miremadi F., Shah N. P. (2012). Applications of inulin and probiotics in health and nutrition. *International Food Research Journal*. Vol. 19. Issue 4. 1337-1350.
8. Dzhesperson N. Zh. T. (1971). Proteolytic activity of some lactic acid bacteria. XVII International Dairy Congress. Moscow: Pishhevaja promyshlennost', 209-213.
9. Thomas T. D., Mills O. E. (1987). Proteolytic enzymes of dairy starter cultures. *FEMS Microbiol. Rev.* Vol. 46, Issue 3. 245-268.
10. Gilbert Ch., Blank B., Frot-Coutaz J. (1997). Comparison of cell surface proteinase activities within the *Lactobacillus* genus. *J. Dairy Res.* Vol. 64, Issue 3. 894-899. DOI: 10.3390/microorganisms3020198.
11. Slocum S. A., Jasinski E. M., Kilara A. (1988). Processing variables affecting proteolysis in yoghurt during incubation. *J. Dairy Sci.* Vol. 71, Issue 3, 596-603. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(88)79596-X.
12. Shihata A., Shah N. P. (2000). Proteolytic profiles of yoghurt and probiotic bacteria. *Intern. Dairy J.* Vol. 10. Issue 5-6. 401-408. DOI: 10.1016/s0958-6946(00)00072-8.
13. Durlu-Ozkaya F., Xanthopoulos V., Tunail N., Litopoulou-Tzanetaki E. (2001). Technologically important properties of lactic acid bacteria isolates from Beyaz cheese made from raw ewes milk. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 91. Issue 5. 861-870. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2001.01448.x.
14. Dupuis C., Corre C., Boyaval P. (1990). Proteinase activity of dairy propionibacterium. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 42. Issue 5. 750-755. DOI: 10.1007/BF00171957.
15. Mierau I., Kunji E.R., Venema G., Kok J. (1997). Casein and peptide degradation in lactic acid bacteria. *Biotechnol Genet. Eng. Rev.* Vol. 14. Issue 1. 279-302. DOI: 10.1080/02648725.1997.10647945.
16. Ono H., Yamamoto N., Maeno M. (1997). Purification and characterization of cell-wall associated proteinase of *Lactobacillus helveticus* CP53. *Milchwissensch.* Vol. 52. Issue. 7. 373-377.
17. Christensen J. E., Duddley E. G., Pederson J. A., Steele J. L. (1999). Peptidases and amino acid catabolism in lactic acid bacteria. *Antoni van Leeuwenhoek*. Vol. 76. Issue 1-4. 217-246. DOI: 10.1023/A:1002001919720.
18. Vaitheeswaran N. I., Bhat G. (1988). Influence of lactic cultures in denaturation of whey proteins during fermentation of milk. *J. Dairy Res.* Vol. 55. Issue 3. 443-448. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900028697>.
19. Gobbetti M., Stepaniak L., Fox P. F. (1995). Inhibition of endo- and aminopeptidase activities in cytoplasmic fraction of *Lactococcus*, *Lactobacillus* and *Propionibacterium* by peptides from different cheeses. *Milchwissensch.* Vol. 50, Issue 10. 565-570.
20. Inihov G. S., Brio N. P. (1971). Methods of milk and dairy products analysis. Moscow: Pishhevaja promyshlennost', 275.
21. Shidlovskaja V. P. (1982). Urea content in harvested milk. *Dairy industry*. Issue 4. 26-28.
22. Malossini F., Bovolenta S., Piras C., Dalla Rosa M., Ventura W. (1996). Effect of diet and breed on

References

milk composition and rennet coagulation properties. Ann. Zootechn. Vol. 45. Issue 1. 29-40.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МИКРООРГАНИЗМАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ГРУПП

Л. В. Баль-Прилипко, С. Г. Даниленко,
О. І. Потемская, О. В. Науменко, Т. А. Крижская

Аннотация. В статье представлен метод решения проблемы повышения биологической ценности молочных продуктов за счет привлечения к заквашивальным микробиоты культур бифидо- и пропионовокислых бактерий и рассчитан аминокислотный скор полученных продуктов.

Цель исследования влияния микроорганизмов различных таксономических групп на формирование аминокислотного состава готовых кисломолочных напитков.

Методика реализации. Определение аминокислотного состава молочных продуктов проводили на аминокислотном анализаторе «Biotronik LC-2000».

Объектами исследования было ферментированное молоко бактериями различных таксономических групп из коллекции отдела биотехнологии Института продовольственных ресурсов НААН.

Определены образцы, белок которых наиболее сбалансированный по аминокислотному составу. Изменения в аминокислотном составе молочных продуктов обусловлены в основном колебаниями заменимых аминокислот. Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот может быть показателем полноценности белков молочных продуктов в зависимости от штамма микроорганизмов. Обогащение молочного продукта бифидо- и пропионовокислых бактериями привело к увеличению незаменимых аминокислот в суммарном виде на 80%.

Сделан вывод, что состав заквашивальных препаратов для молочных продуктов существенно влияет на биологическую ценность готового продукта. Поэтому следует расширять ассортимент заквасочных препаратов за счет привлечения микрорганзмиив разных таксономических групп.

Ключевые слова: аминокислота, биологическая ценность, молочные продукты, микроорганизмы, жирные кислоты.

AMINO ACID COMPOSITION OF DAIRY PRODUCTS FERMENTED BY MICROORGANISMS OF DIFFERENT TAXONOMIC GROUPS

L. V. Bal-Prylypko, S. G. Danylenko, O. I. Potemskaya,
O. V. Naumenko, T. A. Kryzhska

Abstract. The article presents a method for solving the problem of increasing the biological value of dairy products by involving cultures of bifido- and propionic acid bacteria in the fermentation microbiota and calculates the amino acid score of the obtained products.

Goal study of the effect of microorganisms of different taxonomic groups on the formation of the amino acid composition of ready fermented milk drinks.

Methodology of implementation. Determination of the amino acid composition of dairy products was performed on an amino acid analyzer "Biotronik LC-2000".

The object of the study was milk fermented by bacteria of different taxonomic groups from the collection of the Department of Biotechnology of the Institute of Food Resources of National Academy of Agrarian Sciences.

Results. Samples their protein being the most balanced in amino acid composition were identified. Changes in the amino acid composition of dairy products are mainly due to fluctuations in essential amino acids. The ratio of essential and nonessential amino acids can be an indicator of the completeness of dairy proteins depending on the strain of microorganisms. Enrichment of the dairy product with bifido- and propionic acid bacteria led to an increase in essential amino acids in total by 80%.

It is concluded that the composition of the fermentation preparation for dairy products significantly affects the biological value of the finished product. Therefore, it is necessary to expand the range of fermentation drugs by involving microorganisms of different taxonomic groups.

Key words: amino acid, biological value, dairy products, microorganisms, fatty acids.

Л. В. Баль-Прилипко ORCID 0000-0002-9489-8610.

С. Г. Даниленко ORCID 0000-0003-4470-4643.

О. І. Потемская ORCID 0000-0003-4725-5847.

О. В. Науменко ORCID 0000-0003-4470-4643.

Т. А. Крижська ORCID 0000-0002-0339-5189.