

INFLUENCE OF WHITE MOLD CULTURES ON THE BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CHEESES WITH DIFFERENT CONTENT OF FATTY PHASE

Ts. Korol, Y. Zhukova

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

S. Petrischenko, G. Chumanska

Institute of Food Resources of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Key words:

Cheese
Ketones
1-octen-3-ol
Phenylethanol
P. candidum
G. candidum

Article history:

Received 10.05.2019
Received in revised form
28.05.2019
Accepted 18.06.2019

Corresponding author:

Ts. Korol

E-mail:

tsvetana.korol@ukr.net

ABSTRACT

The paper presents the results of a study deals with of the influence of white mold cultures of *Penicillium candidum*, *Geotrichum candidum* and their mixtures (1:1) on the accumulation of aromatic compounds in cheeses with different composition of the fatty phase: 100% milk fat (cheeses № 1) and with 50% replacer for milk fat substitute “Bifilling-54” — (cheeses № 2). Aromatic compounds were determined on a Crystallux 4000M gas chromatograph, (SIF Analitika, Ukraine) with a flame ionization detector, HP-FFAP column (Agilent, USA), 30 m length. In the cheeses, the qualitative and quantitative composition of volatile fatty acids (VFA), characteristic ketones and alcohols were analyzed. The differences in the accumulation of aromatic compounds in the surface and internal layers of cheeses on the 20th day of maturation are shown.

Thus, the maximum total content of VFA was recorded in the surface layer: in cheeses № 1, № 2 with the culture of *P. candidum* V5 it was higher by 27.2% and 35.9% than with the culture of *G. candidum*, the replacer addition reduced this indicator, and this trend was more intensive in products with *G. candidum*. Six ketones were identified: 2-pentanone, 2-heptanone, 2-octanone, 2-nonanone, 2-decanone, 2-undecanone and alcohols — 1-octen-3-ol and phenylethanol, the highest content of them was observed in the cheese surface layer. The using of a mold mixture led to the increasing, and the addition of the replacer to the decreasing of these compounds. It has been shown that in the case of the technological necessity of adding the fat replacer, to improve organoleptic properties of cheeses and to give them a pronounced “mushroom” flavor, white molds should be used. This provides the basis for the development of compositions of white mold cultures, differing in the ways of transformation of organic compounds, for a balanced flavor bouquet of such products.

ВПЛИВ КУЛЬТУР БІЛОЇ ПЛІСЕНІ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИРІВ З РІЗНИМ СКЛАДОМ ЖИРОВОЇ ФАЗИ

Ц. О. Король, Я. Ф. Жукова

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

С. С. Петрищенко, Г. С. Чуманська

Інститут продовольчих ресурсів НААН України

У статті викладено результати дослідження впливу культур білої плісені *P. candidum*, *G. candidum* та їх суміші (1:1) на накопичення ароматичних сполук у сирах з різним складом жиркової фази: 100% молочного жиру (сири № 1) та з 50% із заміною молочного жиру на «Біфілінг-54» — замітник молочного жиру (ЗМЖ) (сири № 2). Вміст ароматичних сполук досліджували на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000М» (НПФ «Аналітика», Україна) з полум'яно-іонізаційним детектором, колонкою HP-FFAP («Agilent», США), довжиною 30 м. У досліджених сирах проаналізовано якісний і кількісний вміст летких жирних кислот (ЛЖК), характеристичних кетонів та спиртів. Показано відмінності накопичення ароматичних сполук у поверхневому і внутрішньому шарах на 20 добу визрівання.

З'ясовано, що максимальний сумарний вміст ЛЖК був зафіксований у поверхневому шарі: у сирах № 1, № 2 з культурою *P. candidum* V5 був на 27,2%, 35,9% вищим, ніж з культурою *G. candidum*, додавання ЗМЖ знижувало цей показник (найбільше у продуктах з *G. candidum*). У досліджуваних сирах ідентифіковано 6 кетонів: 2-пентанон; 2-гептанон; 2-октанон; 2-нонанон; 2-деканон; 2-ундеканон та спиртів — 1-октен-3-ол та фенілетанол, найбільший вміст яких спостерігали у поверхневому шарі сирів. Застосування суміші плісень призводило до збільшення, а додавання ЗМЖ — до зменшення вмісту цих сполук. У разі технологічної необхідності додавання ЗМЖ для поліпшення органолептичних властивостей сирів і надання їм вираженого «грибного» аромату варто застосовувати суміші білих плісень. Це дає підставу для розробки композицій культур білої плісені, що мають відмінні шляхи перетворення органічних сполук, для збалансованого смакоароматичного букету м'яких сирів.

Ключові слова: сир, кетони, 1-октен-3-ол, фенілетанол, *P. candidum*, *G. candidum*.

Постановка проблеми. М'які сири з білою плісенню можна віднести до елітних сирів за особливі органолептичні властивості. Технологія їх виготовлення досить складна і передбачає застосування двох типів мікробіологічних препаратів — культур білої плісені та молочнокислих бактерій.

При виробленні таких сирів із сирого молока застосовують культури білої плісені *P. candidum*. Проте у Франції для підвищення інтенсивності аромату

сирів, виготовлених з пастеризованого молока, додатково застосовують і *G. candidum* [1—3].

Біохімічні особливості функціонування культур *G. candidum* та їх вплив на якість сирів з білою плісенню відрізняються від культур *P. candidum*. Відзначено роль цих культур у зниженні гіркоти в сирах, адже ця вада виникає при дисбалансі як протеїназної, так і пептидазної активностей заквашувальних мікроорганізмів та сичужних ферментів. Вважають, що *G. candidum* здатний гідролізувати низькомолекулярні пептиди бета-казеїну, що утворились внаслідок активності *P. candidum*. При цьому додавання *G. candidum* стабілізує рівень аміаку, сприяє накопиченню сірковмісних сполук [4], запобігає контамінації культур, значно знижує ризик зараження роду *Mucor*, оскільки його розвиток у сирах випереджає розвиток *P. candidum* [5; 6].

Останніми роками набув тренд споживання продуктів із зниженим вмістом жиру. Однак при виготовленні таких сирів виникає ряд технологічних проблем. Щоб їх уникнути, необхідно відстежувати процес ароматоутворення, оскільки застосування ЗМЖ безпосередньо впливає на перебіг протеолітичних і ліполітичних процесів у сирах [7; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз джерел літератури показав, що вплив ЗМЖ різної природи на перебіг біохімічних процесів у м'яких сирах з білою плісенню глибоко не досліджувався, що обумовлює актуальність дослідження для сироробної галузі.

Дослідження технології сирів, які визрівають за участі плісневих грибів, присвятили свої праці провідні зарубіжні й вітчизняні науковці: L. H. Paul McSweeney, P. Molimard, M-N. Leclercq-Perlat, G. Corrieu, H-E. Spinnler, R. C. Lindsay, A. B. Гудков, З. Х. Климовський, Л. А. Остроумов, Т. Н. Садова, А. М. Ніколаєв, Р. Раманаускас, А. І. Чеботарьов та інші.

У разі необхідності розширення асортименту елітних сирів при недостатньому обсягу молочної сировини впровадження подібних технологій є нагальним і перспективним напрямком сироробної галузі в Україні.

Мета дослідження: вивчення впливу різних культур білої плісені на біохімічні та реологічні властивості м'яких сирів за умови часткової заміни молочного жиру на ЗМЖ.

Матеріали і методи. Об'єктами досліджень були м'які сири з білою плісенню, виготовлені в лабораторних умовах із застосуванням заквашувального препарату «Alba THС-02» (виробництва ДДП ІПР НААН), культур *P. candidum* V5 та *G. candidum* С та їхньої суміші у співвідношенні 50:50 («SACCO», Італія). Сири були виготовлені з різним вмістом жиру: сир № 1 — 60% молочного жиру; сир № 2 — 60% жиру, в якому 30% складав «Біфілінг-54» (виробник ТОВ «БМБ Маргарин», Україна). Вміст ароматичних сполук у сирах досліджували на газовому хроматографі «Кристаллюкс 4000М», (НПФ «Аналітика», Україна) з полум'яно-іонізаційним детектором, капілярною колонкою HP-FFAP («Agilent», США) довжиною 30 м, внутрішнім діаметром 0,25 мм та шаром плівки 0,25 мкм. Для ідентифікації сполук використовували суміш летких вільних кислот (CRM № 46975); 2-гептанон (№ 02476); 2-октанон (№ 02479); 2-нонанон (№ 63969); 2-деканон (№ 68228); 2-ундеканон (№ 74038) та спиртів — 1-октен-3-ол (№ 68225) та фенілетанол (№ 77861)

виробництва «Sigma-Aldrich», США. Реологічний показник сирів — зусилля зрізу, вимірювали на універсальній випробувальній електромеханічній машині «SANS», серія СМТ 2503 (Велика Британія).

Викладення основних результатів дослідження. Сири з білою плісінню на відміну від сирів з високою та низькою температурою другого нагрівання мають чітко виражені поверхневий і внутрішній шари, наявність яких зумовлена направленістю протеолітичних та ліполітичних процесів [9].

Аналіз даних про накопичення ЛЖК виявив залежність їх вмісту від якісного складу жирової фази та виду застосованої білої плісені як у поверхневому (П), так і внутрішньому (В) шарах сирів (рис. 1).

Максимальне накопичення летких жирних кислот на 20 добу визрівання спостерігали у поверхневому шарі всіх варіантів сирів. У сирах з культурою *P. candidum* V5 у варіантах № 1, № 2 сумарний вміст ЛЖК був на 27,2% і 35,9% вищим, ніж в аналогічних сирах з культурою *G. candidum*.

Додавання замітника у жирову фазу сиру № 2 знижувало цей показник: з культурою *P. candidum* V5 на 19,1%, у варіанті з *G. candidum* — на 28,8%, із застосуванням суміші — на 50,4% порівняно з сиром № 1. При цьому абсолютні значення вмісту ЛЖК були майже однаковими у сирах № 2 як з культурою *P. candidum* V5, так із сумішшю культур.

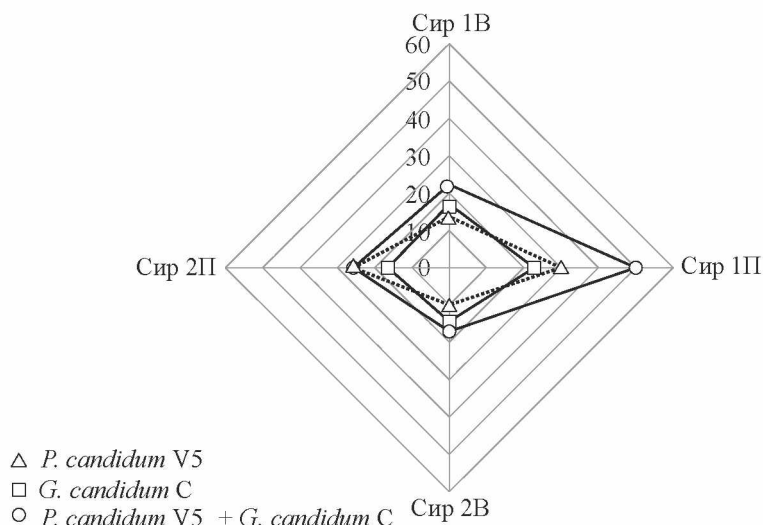


Рис. 1. Загальний вміст летких жирних кислот (мг/100 г) у зрілих сирах, виготовлених з різними культурами білої плісені

Примітка: сир 1 — 60% молочного жиру; сир 2 — 60% жиру з ЗМЖ.
В — внутрішній шар; П — поверхневий шар.

Аналіз складу ЛЖК від С₂ до С₆ показав, що домінуючою фракцією серед цих сполук була оцтова кислота: її вміст варіював від 76,1% до 89,9% від сумарного їх вмісту (табл. 1). При порівнянні шарів було відзначено, що у поверхневому шарі вміст оцтової кислоти був завжди більшим, що може бути пов'язано з більш інтенсивними процесами протеолізу через розвиток міце-

лію плісені (табл. 1). Додавання ЗМЖ знижувало вміст оцтової кислоти у всіх варіантах сирів як у внутрішньому, так і в поверхневому шарі.

Вміст оцтової кислоти у внутрішньому шарі сирів № 1 був вищим з культурою *P. candidum* V5 на 33,5%, з *G. candidum* — на 13,8%, із застосуванням суміші — на 25,2% порівняно з аналогічними параметрами сирів № 2. У поверхневому шарі сирів № 1 вміст оцтової кислоти був вищим з культурою *P. candidum* V5 на 15,4%, з *G. candidum* — на 37,3%, із застосуванням суміші — на 55,7% порівняно з аналогічними параметрами сиру № 2.

Таблиця 1. Склад летких жирних кислот у зрілих сирах, виготовлених з різними культурами білої плісені

Кислота	Сир 1				Сир 2			
	В		П		В		П	
	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г	% від заг. вмісту	мг/100 г
Сири з культурою <i>P. candidum</i> V5								
Оцтова	86,71	12,4	85,62	26,5	84,70	8,25	89,54	22,43
Пропіонова	1,12	0,16	1,20	0,37	3,18	0,31	0,56	0,14
Ізомасляна	0,35	0,05	0,45	0,14	0,82	0,08	0,20	0,05
Масляна	2,87	0,41	5,27	1,63	3,59	0,35	4,35	1,09
Ізовалеріанова	8,04	1,15	3,36	1,04	7,29	0,71	4,91	1,23
Капронова	0,91	0,13	4,10	1,27	0,41	0,04	0,44	0,11
Сума	100,0	14,30	100,0	30,95	100,0	9,74	100,0	25,05
Сири з культурою <i>G. candidum</i> C								
Оцтова	83,43	14,05	86,55	19,5	84,69	12,11	76,14	12,22
Пропіонова	3,15	0,53	0,93	0,21	1,47	0,21	1,99	0,32
Ізомасляна	0,95	0,16	1,51	0,34	0,98	0,14	1,00	0,16
Масляна	3,44	0,58	6,39	1,44	2,31	0,33	2,55	0,41
Ізовалеріанова	8,19	1,38	4,08	0,92	9,65	1,38	8,41	1,35
Капронова	0,83	0,14	0,53	0,12	0,91	0,13	0,87	0,14
Сума	100,0	16,84	100,0	22,53	100,0	14,30	100,0	16,05
Сири з культурою <i>P. candidum</i> V5+ <i>G. candidum</i> C								
Оцтова	87,67	19,13	89,87	45,5	85,65	14,31	80,21	20,15
Пропіонова	1,97	0,43	0,81	0,41	2,97	0,38	2,51	0,63
Ізомасляна	1,15	0,25	0,47	0,24	0,92	0,15	4,58	1,15
Масляна	3,07	0,67	3,59	1,82	2,41	0,41	4,82	1,21
Ізовалеріанова	5,59	1,22	4,19	2,12	6,92	1,05	7,32	1,84
Капронова	0,55	0,12	1,07	0,54	1,13	0,21	0,56	0,14
Сума	100,0	21,82	100,0	50,63	100,0	16,51	100,0	25,12

Примітка: сир 1 — 60% молочного жиру; сир 2 — 60% жиру з ЗМЖ. В — внутрішній шар; П — поверхневий шар.

При цьому у поверхневому шарі сирів № 1 в усіх варіантах відносний вміст пропіонової кислоти був вищим порівняно з відповідними варіантами сирів № 2. Така ж тенденція спостерігалась і для ізовалеріанової кислоти. Тож додавання ЗМЖ найбільш уповільнювало процес накопичення оцтової кислоти у варіантах сирів із застосуванням культури *G. candidum*, тоді як у сирах, виготовлених із сумішшю плісень, цей показник варіював мінімально.

У досліджуваних сирах також ідентифіковано 6 кетонів: 2-пентанон; 2-гептанон; 2-октанон; 2-нонанон; 2-деканон; 2-ундеканон (табл. 2), які є найважливішими компонентами аромату сирів із плісінню [8; 9]. Вважають, що два основних метилкетони — 2-нонанон та 2-гептанон утворюються з октанової та деканової кислот молочного жиру. Є думка, що попередниками метилкетонів можуть бути довголанцюжкові жирні кислоти, зокрема такі як пальмітинова ($C_{16:0}$) та олеїнова кислоти ($C_{18:0}$) [10; 11].

Встановлено, що вміст 2-гептанону, який має фруктово-пряний аромат, варіював у досліджуваних сирах залежно від складу жирової фази та культури плісені (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст кетонів у зрілих сирах, виготовлених із культурами білої плісені, мг/100г

Кетони	Сир 1		Сир 2	
	В	П	В	П
Сири із культурою <i>Penicillium candidum</i> V5				
2-пентанон	—	—	—	—
2-октанон	0,023±0,001	0,085±0,001	0,017±0,004	0,048±0,001
2-деканон	0,010±0,003	0,012±0,001	0,011±0,002	0,013±0,002
2-ундеканон	0,050±0,002	0,093±0,002	0,035±0,003	0,047±0,002
2-гептанон	0,240±0,002	0,480±0,002	0,100±0,001	0,120±0,002
2-нонанон	0,080±0,001	0,490±0,001	0,120±0,002	0,210±0,001
Сири із культурою <i>Geotrichum candidum</i> C				
2-пентанон	—	0,035±0,002	—	0,015±0,001
2-октанон	—	0,047±0,004	—	0,017±0,005
2-деканон	0,011±0,002	0,030±0,004	0,011±0,003	0,018±0,004
2-ундеканон	0,025±0,003	0,046±0,003	0,019±0,002	0,020±0,002
2-гептанон	0,120±0,002	0,520±0,002	0,090±0,001	0,110±0,001
2-нонанон	0,100±0,001	0,200±0,001	0,080±0,001	0,120±0,001
Сири із культурами <i>P. candidum</i> V5 + <i>G. candidum</i> C				
2-пентанон	—	0,025±0,002	—	0,010±0,001
2-октанон	0,013±0,001	0,050±0,001	0,004±0,001	0,010±0,004
2-деканон	0,010±0,002	0,020±0,003	0,011±0,003	0,011±0,002
2-ундеканон	0,028±0,001	0,060±0,003	0,019±0,002	0,045±0,003
2-гептанон	0,190±0,003	0,700±0,001	0,120±0,001	0,370±0,001
2-нонанон	0,100±0,001	0,380±0,001	0,080±0,001	0,175±0,004

Примітка: В — внутрішній шар, П — поверхневий шар. «—» — не виявлено.

Додавання ЗМЖ призводило до зменшення вмісту 2-гептанону у поверхневому шарі у сирі № 2 з *G. candidum* C на 79%, а з *P. candidum* V5 на 75% порівняно з аналогічними сирами № 1. Дещо вищі значення 2-гептанону у сирах з *G. candidum* C можна пояснити здатністю цієї культури накопичувати вільну октанову кислоту, яка може залучатися до синтезу метилкетону.

Застосування суміші плісені при виробленні сирів призводило до збільшення вмісту 2-гептанону у поверхневому шарі сирів на 32% порівняно із сиром № 1 *P. candidum* V5 та на 26% порівняно з сиром № 1 *G. candidum* C. Водночас наявність ЗМЖ у жировій фазі обумовлювало зменшення накопичення цієї сполуки у сирі № 2 у поверхневому шарі на 47% порівняно з аналогічним сиром № 1.

В усіх варіантах дослідних сирів вміст 2-нонанону був вищим у поверхневому шарі з культурою *P. candidum* V5 (табл. 2). При використанні суміші плісеной рівень цієї сполуки в поверхневому шарі сиру № 2 порівняно з сиром № 1 зменшувався приблизно на 54%, проте він був більшим порівняно з сиром № 2 з культурою *G. candidum* С на 31%, а з культурою *P. candidum* V5 — меншим на 20%. Цей факт можна пояснити здатністю *P. candidum* V5 накопичувати значну кількість вільної деканової кислоти, яка може перетворюватись на 2-нонанон. Здатність накопичувати окремі вільні середньоланцюжкові жирні кислоти у сирах з білою плісенню позитивно корелює з концентрацією окремих метилкетонів, зокрема 2-гептанону та 2-нонанону.

Варто відзначити, що 2-пентанон виявлено у поверхневому шарі сирів № 1 та № 2 з культурою *G. candidum* та з сумішню культур плісеной (табл. 2), проте його не зафіксовано у жодному варіанті сирів з культурою *P. candidum* V5.

Вміст 2-октанону виявлений у внутрішньому і поверхневому шарах продуктів, виготовлених із культурою *P. candidum* V5. При цьому вміст цієї сполуки у сирах № 1 та № 2 був більший у 3,6 раза та в 2,8 раза у поверхневому шарі, ніж у внутрішньому. У сирах з культурою *G. candidum* вміст 2-октанону виявлено лише у поверхневому шарі. При цьому додавання ЗМЖ призводило до зниження рівня цієї сполуки в усіх варіантах застосування плісеной. Такі дані вказують на пряму залежність утворення 2-октанону від складу плісеной і жирової фази продукту.

У незначних кількостях 2-деканон був наявний у всіх варіантах сирів, причому його вміст був майже стабільним у сирах з *P. candidum* V5 як у внутрішньому, так і поверхневому шарах. У сирах з культурою *G. candidum* вміст 2-деканону був вищим майже вдвічі у поверхневому шарі в усіх варіантах сирів. Аналогічну тенденцію спостерігали і для 2-ундеканону. Додавання замітника знижувало рівень метилкетону у поверхневому шарі в 1,3 раза, при цьому його вміст у сирах з *P. candidum* був майже вдвічі вищий, порівняно з сирами з *G. candidum*.

Сири з білою плісенню відрізняються від інших сирів специфічним «грибним» ароматом, який обумовлений наявністю вторинного спирту 1-октен-3-олу, що утворюється переважно в результаті метаболізму довголанцюжкових кислот — лінолевої і ліноленової. Аналіз вмісту 1-октен-3-олу у досліджуваних продуктах показав, що у внутрішніх шарах ця сполука була наявна в слідових кількостях, тоді як у поверхневому шарі вона варіювала від 17 до 36 мкг /100 г (табл. 3). Це вказує на взаємозв'язок «грибного» аромату з наявністю щільного молодого міцелію на поверхні сирів [8; 12].

Встановлено, що з культурою *P. candidum* V5 вміст 1-октен-3-олу був вищий на 53%, ніж з *G. candidum* С у сирі № 1, і на 59,5% у сирі № 2 відповідно (табл. 3).

Додавання ЗМЖ при виготовленні продукту зменшувало рівень спирту 1-октен-3-олу у поверхневому шарі, і, відповідно, інтенсивність «грибного» аромату. У сирах № 2 з культурою *G. candidum* С додавання ЗМЖ сприяло зниженню вмісту цього спирту на 28%, тоді як у сирах з культурою *P. can-*

didum V5 цей показник становив 16,5%, порівняно з сирами № 1. Тобто, синтез 1-октен-3-олу позитивно корелював із вмістом молочного жиру у жировій фазі продукту та наявністю культур *P. candidum* V5.

Таблиця 3. Вміст спиртів у зрілих сирах із різними культурами білої плісені (мкг/100 г)

Спирти	Сир 1		Сир 2	
	В	П	В	П
Сири із культурою <i>Penicillium candidum</i> V5				
1-октен-3-ол	0,02±0,002	36,70±0,2	0,06±0,001	30,65±0,3
фенілетанол	0,01±0,001	2,13±0,001	—	1,86±0,01
Сири із культурою <i>Geotrichum candidum</i> C				
1-октен-3-ол	0,04±0,001	17,20±0,1	0,04±0,001	12,40±0,3
фенілетанол	0,06±0,001	1,35±0,02	—	0,55±0,01
Сири із культурами <i>P. candidum</i> V5 + <i>G. candidum</i> C				
1-октен-3-ол	0,05±0,001	33,65±0,001	0,04±0,002	24,60±0,1
фенілетанол	0,02±0,001	1,88±0,01	—	0,70±0,01

У дослідних сирах також було виявлено фенілетанол, який має трояндовий, квітковий запах. На відміну від 1-октен-3-олу ця сполука виявлена у значно меншій кількості (табл. 3).

Оскільки сири з плісенню мають специфічний, відмінний від звичайних твердих сирів, характер визрівання, то відстежено динаміку вмісту молочної кислоти, рН та аміаку, тому що ці показники тісно корелюють між собою. Було показано, що застосування різних варіантів культур плісеней для виготовлення сирів спричиняє відмінності у накопиченні аміаку, зміні рН та концентрації молочної кислоти у сирах під час визрівання (табл. 4).

Таблиця 4. Динаміка вмісту аміаку, молочної кислоти та активної кислотності упродовж визрівання сирів з культурами білої плісені

Показники	<i>P. candidum</i>				<i>G. candidum</i>				<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i> C			
	Тривалість визрівання, доба											
	2	10	15	20	2	10	15	20	2	10	15	20
Сир № 1												
NH ₃ , мг/100 г продукту	0	15,4	54	68,8	0	15,4	54	64,8	0	15,4	54	61,5
Молочна кислота,% від початкового вмісту	100	70	37	4	100	70	36	4	100	71	36	4
рН	4,58	4,81	5,35	6,05	4,55	4,81	5,35	5,85	4,63	4,81	5,37	5,67
Сир № 2												
NH ₃ , мг/100 г продукту	5	15	21,8	63,5	3	17	36,5	60,2	4	17,1	23,2	50,8
Молочна кислота,% від початкового вмісту	100	75	39	3	100	72	42	3	100	65	27	4
рН	4,58	4,92	5,40	5,83	4,6	4,82	5,32	5,85	4,63	4,91	5,22	5,66

Додавання ЗМЖ призводило до зниження рівня аміаку, що можна пов'язати з уповільненням розвитку міцелію на поверхні сирів. У результаті зменшення аміаку аромат сиру № 2 не мав надмірної ноти «різкості», незалежно від виду застосованих культур плісень. Особливо вплив заміни молочного жиру на ЗМЖ за цими показниками відчувався у сирах з культурою *G. candidum* С (табл. 4).

Вплив різних культур плісень також було досліджено на реологічний показник — зусилля зрізу досліджуваних сирів, який вимірювали на приладі «SANS», серія СМТ 2503. Доведено, що щільність досліджуваних продуктів суттєво залежить від застосованих культур плісень (табл. 5).

Отримані результати свідчать, що застосування білої плісені *G. candidum* при виготовленні сирів типу Камамбер сприяло формуванню більш ніжної консистенції та більш тонкого поверхневого шару продукту, ніж з культурами *P. candidum* (табл. 5).

Табл. 5. Динаміка реологічного показника зусилля зрізу у зрілих сирах

Продукт	Зусилля зрізу, кН/м ²					
	Внутрішній шар без скоринки			Сир зі скоринкою		
	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i>	<i>G. candidum</i>	<i>P. candidum</i> + <i>G. candidum</i>
Сир № 1	15,34	8,28	12,97	37,22	19,10	31,54
Сир № 2	14,46	7,54	10,52	32,05	15,50	24,46

Додавання заміника молочного жиру суттєво цю тенденцію не змінювало. У сирі № 2 показник зусилля зрізу був нижчий за показник сиру № 1 з культурою *P. candidum* на 14%, з *G. candidum* — на 19%, із сумішшю плісень — на 22,4%.

Висновки

Застосування різних варіантів культур плісень для виготовлення сирів спричиняло відмінності у накопиченні аміаку, зміні рН та концентрації молочної кислоти, летких жирних кислот. При цьому встановлено, що додавання заміника молочного жиру уповільнювало накопичення летких жирних кислот, кетонів, 1-октен-3-олу, фенілетанолу незалежно від культур застосованих плісень. Сири, виготовлені з *P. candidum* V5, мали більш різкий і виражений аромат порівняно з сирами, виготовленими з *G. candidum* С. Слід зазначити, що додавання *G. candidum* С сприяло формуванню більш ніжної скоринки сирів і більш м'якої текстури сиру.

Встановлено, що в разі часткової заміни молочного жиру (до 50%) ЗМЖ доцільно використовувати суміші білих плісень, які мають відмінні шляхи перетворення органічних сполук.

Література

1. Singh T. K., Drake M. A., Cadwallader K. R. Flavor of Cheddar cheese: a chemical and sensory perspective. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2003. Vol. 2, No. 4. P. 166—189.

2. McSweeney Paul L. H. Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*. 2004. Vol. 57, No. 2/3. P. 127—144.
3. Малова В. В., Жукова Я. Ф., Вакуленко М. М. Біохімічні особливості функціонування культур *Geotrichum candidum* та їх вплив на якість сирів з білою плісінню. *Молочное дело*. 2012. № 5. С. 10—12.
4. Leciercq-Perlat M-N, Latrille E., Corrieu G., Spinnler H-E. Controlled production of Camembert-type cheeses: part II Changes in the concentration of the more volatile compounds. *Journal of Dairy research*. 2004. Vol. 71, No. 3. P. 355—366.
5. Fleet G.H. Yeasts in Dairy Products. *Journal of Applied Bacteriology*. 1990. Vol. 68, No. 3. P. 199—211.
6. Leclercq-Perlat M-N., Buono F., Lambert D., Latrille E., Spinnler H-E., Corrieu G. Controlled production of Camembert-type cheeses. Part I: Microbiological and physicochemical evolutions. *Journal of Dairy Research*. 2004. Vol. 71, No. 3. P. 346—354.
7. Жукова Я. Ф., Мудрак Т. П. Властивості структурованих ліпідів, призначених для низькокалорійних молочних продуктів. *Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. НААН*; Ін-т прод. ресурсів НААН. К.: ННЦ «ІАЕ», 2015. № 5. С. 126—134.
8. Molimard P., Spinnler H.E. Review: Compounds Involved in the Flavor of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties. *Journal of Dairy Science*. 1996. Vol. 79, No. 2. P. 169—184.
9. Жукова Я., Малова В., Король Ц., Козлова Л., Федін Ф. Вплив культур білої плісені на накопичення летких ароматичних сполук у сирах. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2012. Т. 14, № 2(52). Ч. 3. С. 218—226.
10. Грипен Ж.К., Ламберэ Ж., Ленуар Ж., Туркер К. Микробиологические и ферментативные явления и биохимия созревания сыра/ *Производство сыра: технология и качество*: учебник, М., ВО «Агропромиздат», 1989. С. 62—76.
11. Boutrou R. Guéguen M. Interests in *Geotrichum candidum* for cheese technology. *Int J Food Microbiol*. 2005. Vol. 102, No. 1. P. 1—20.
12. Захандревич О., Жукова Я., Малова В., Король Ц. Дослідження білкових і небілкових фракцій сирів з білою плісінню. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнології ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2011. Т. 13, № 4(50). Ч. 4. С. 45—51.