

15. Зурабян, К.М. *Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности* / К.М. Зурабян, Б.Я. Краснов, Я.И. Пустыльник. — М.: Информ-Знание, 2003.

16. Буркин, А.Н. *Приборы для исследования свойств материалов при продавливании сферической поверхностью* / А.Н. Буркин и [др.]. // *Метрология и приборостроение*. — 2007. — № 2. — С. 27—30.

*Статья поступила
в редакцию 20.07. 2012 г.*

**Е.А. ДАВЫДОВА, Т.А. ЗАБОЛОЦКАЯ,
А.Н. ЛИЛИШЕНЦЕВА**

ФОРМИРОВАНИЕ СЕНСОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРОВ

Сегодня сыры швейцарского типа производят в значительных количествах как в Европе, так и США, Канаде и Австралии. Так, в ЕС ежегодно изготавливается более 446 тыс. т сыров этой группы, при этом крупнейшим производителем является Франция — 275 т сыра в год, что составляет более 25 % общего производства созревающих сыров. В Германии ежегодно вырабатывается около 88,3 тыс. т сыра, в Нидерландах — 89,4, в Швеции — 28,4, в Финляндии — 26,4, в Австрии — 12,8 тыс. т. В США вырабатывается в год около 142 т сыров швейцарского типа, что составляет 3,23 % общего производства сыров [1, 3—26].

Ниже приведены основные наименования и страны — производители сыров швейцарского типа, изготавливаемые в ЕС.

Основные страны — производители сыров швейцарского типа в Европе

<i>Наименование сыра</i>	<i>Страна-производитель</i>
Emmental	Швейцария, Франция, Германия
Appenzeller, Raclette	Швейцария
Comte, Beaufort, Petit Pippoz, Fol Epi, Madrigal	Франция
Gruyere	Швейцария, Франция
Jarlsberg	Норвегия
Maasdammer, Leerdammer	Нидерланды
Masdam	Польша
Dorebel	Великобритания

Разновидностей сыров, вырабатываемых с крупным рисунком, достаточно много, но первоначально к сырам швейцарского типа был отнесен только сыр Emmental. Позже к этой группе были добавлены сыры Gruyere и Appenzeller, а швейцарский Sbrinz и французский Beaufort определены как подобные виды [2, 3—22].

Елена Александровна ДАВЫДОВА, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета;

Татьяна Анатольевна ЗАБОЛОЦКАЯ, аспирантка кафедры товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета;

Анна Николаевна ЛИЛИШЕНЦЕВА, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета.

Общим характерным признаком швейцарских сыров является пропионовокислое брожение, протекающее самопроизвольно или в результате действия пропионовокислых бактерий, вносимых с заквасочными культурами [3, 142—156].

Пропионовокислые бактерии — уникальные микроорганизмы, которые начинают развиваться в теплой камере созревания при комнатных температурах и являются необходимыми для достижения характерного вкуса, запаха и рисунка, которые отличают сыры швейцарского типа от других видов [4, 1986—1922].

Нативные пропионовокислые бактерии, присутствующие в сыром молоке в количестве от 5 до 10^5 КОЕ/мл и более, могут также развиваться во время созревания сыра и достигать 10^8 КОЕ/г [5, 311—323]. Кроме того, они участвуют в формировании вкуса и аромата сыра, а в присутствии другой молочнокислой микрофлоры могут вызывать порок вкуса и запаха сыра, описываемый как «едкий». Нативные пропионовокислые бактерии ответственны за формирование атипичного вкуса при выработке сыров швейцарского типа из сырого молока [6, 51—67].

В качестве основных заквасочных культур используются термофильные микроорганизмы, такие как *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis*, иногда включают мезофильные *Lactobacillus lactis subsp. lactis*, *Lactobacillus lactis subsp. cremoris*. Некоторые виды сыров, такие как Maasdam и Leerdammer, изготавливаются с применением только мезофильных культур или с добавлением *Lactobacillus delbruescii subsp. bulgaricus* [7, 351—369]. Пропионовокислые бактерии *Propionibacterium freudenreichii* используют как дополнительные заквасочные культуры.

Микрофлора сыра играет решающую роль в процессе созревания. Известно, что чистые культуры молочнокислых микроорганизмов продуцируют ароматические компоненты. Описаны различные метаболические пути генерации этих компонентов [8, 139—159]. Однако невозможно предвидеть способность каждой отдельной группы микроорганизмов к формированию ароматических компонентов в консорциуме микрофлоры сыра [9, 435—447]. Очевидно, что энзиматические взаимодействия термофильных лактобацилл и пропионовокислых бактерий оказывают существенное влияние на протео- и липолитические процессы, протекающие при созревании сыра.

Микробиальные консорциумы сыра способствуют синтезу летучих ароматических соединений: серы, эфиров, спиртов, альдегидов и кетонов, которые обычно обнаруживаются в ферментативных созревающих сырах, таких как Emmental, где эти компоненты и формируют базовый сырный вкус и аромат [10, 185—201].

Участие пропионовокислых бактерий в формировании вкуса и аромата сыров швейцарской группы достаточно хорошо изучено, однако их роль не сводится к накоплению уксусной, пропионовой кислот и CO_2 . Установлено, что данные микроорганизмы способны продуцировать летучие вкусоароматические компоненты из аминокислот [11, 23—41].

В литературе описываются три различных метаболических пути утилизации лактатов как источника энергии и аспартата как акцептора электронов. В присутствии аспартата происходит совместная ферментация лактата и аспартата с образованием ацетата, сукцината, CO_2 , аммиака и АТФ. В результате такой совместной ферментации пропионаты не образуются (путь С). В процессе созревания сыров швейцарской группы, аспартат быстро метаболизируется, в процессе дальнейшей ферментации в качестве субстрата используется L(+) лактат. Пропионовокислые бактерии способны

фиксировать CO_2 , при этом в результате ряда биохимических реакций из лактозы образуются пропионат, ацетат, сукцинат и CO_2 (путь В). Роль пути (В) имеет менее важное значение, хотя до конца не выяснена.

Классическая схема пропионовокислого брожения, а также метаболические пути превращения лактатов представлены на рисунке.

- (А) **Классическая схема пропионовокислого брожения:** 3 мол лактат \rightarrow 2 мол пропионат + 1 мол ацетат + 1 мол CO_2 + 1 мол АТФ
- (В) **Образование сукцината при пропионовокислом брожении путем фиксации CO_2 :** 3 мол лактат \rightarrow (2 - x) мол пропионат + 1 мол ацетат + (1 - x) мол CO_2 + x мол сукцинат
- (С) **Ферментация аспартатов с образованием сукцината в процессе пропионовокислого брожения:** 3 мол лактат + 6 мол аспарат \rightarrow 3 мол ацетат + 3 мол CO_2 + 6 мол сукцинат + 6 мол NH_3 + 3 мол АТФ

Метаболические пути утилизации лактатов пропионовокислыми бактериями [12, 217—227; 13, 76—80]

Пропионовокислые бактерии участвуют не только в формировании рисунка сыра в виде крупных глазков, но и играют важную роль в развитии характерного вкуса и запаха, описываемых как сладкий и ореховый в сырах швейцарского типа.

Сладкий вкус сыра ассоциируют с водорастворимой фракцией, содержащей аминокислоты пролин и валин, с водорастворимыми жирными кислотами, главным образом пропионовой кислотой, а также ионами магния и кальция, три- и тетрапептидами.

Протеолитические изменения в сырах происходят под действием ферментов коагулянта (химозина, пепсина, протеиназ растительного или микробиального происхождения), нативных энзимов молока, ферментов заквасочных и незаквасочных микроорганизмов, а также добавочных заквасочных культур.

В сырах швейцарского типа, большинство из которых вырабатывается с применением высоких температур второго нагревания, ферменты коагулянта полностью инактивируются и не оказывают существенного влияния на протеолиз сыра, однако использование добавочных культур, таких как *Propionibacterium spp.*, способствует усилению протеолитических процессов.

Конечным продуктом протеолиза являются свободные аминокислоты (САК), накопление которых зависит от состава и свойств молока, параметров технологического процесса, нативных бактерий, используемых заквасочных культур и добавочных микроорганизмов [14, 2122—2129; 15, 903—910].

Установлено, что общее количество САК в течение первых пяти месяцев созревания сыров швейцарского типа увеличивается на 140—290 мг/кг в сутки [16, 91—100]. Высвобожденные аминокислоты и пептиды являются предшественниками аминокислот, отсутствующих в казеине, биогенных аминов и летучих ароматических соединений, таких как альдегиды, кетоны, спирты и жирные кислоты с короткой углеводной цепочкой. Средние и короткие пептиды участвуют в формировании вкусовых характеристик сыров, и отдельные пептиды имеют горький, ореховый, сладкий вкус.

В результате катаболизма (расщепления) аминокислот образуется большое количество соединений, таких как аммиак, амины, альдегиды, фенолы, индолы и спирты, которые и формируют вкусовые характеристики сыра. В таблице представлены источники и характеристика летучих компонентов сыров швейцарского типа, полученных в результате катаболизма аминокислот.

Источники и характеристика летучих компонентов сыров

Летучий компонент	Источник	Ароматескриптор	Микрофлора
Кислоты			
Изомасляная кислота	Валин	Сладкий, яблочный, едкий	<i>Propionibacterium</i>
Изовалериановая кислота	Лейцин	Прогорклый, аммиачный, гнилых фруктов	<i>Propionibacterium</i> <i>Lactococcus sp.</i>
2-метилмасляная кислота	Изолейцин	Фруктовый, сернистый	<i>Propionibacterium</i> <i>Lactococcus sp.</i>
Изокаприновая кислота	Лейцин	Сырный, сладкий, аммиачный	<i>Clostridia</i>
Альдегиды			
3-метилбутанол	Лейцин	Незрелых овощей, солодовый	Не установлен
2-метилбутанол	Изолейцин	Незрелых овощей, солодовый	Не установлен
Бензальдегид	Фенилаланин	Горький миндаль	<i>Lactobacillus helveticus</i>
Фенил-ацетальдегид	Фенилаланин	Цветочный (роза, фиалка)	Не установлен
Спирты			
2-метилпропанол	Валин	Спиртовой	Не установлен
3-метилбутанол	Лейцин	Фруктовый, спиртовой, зерновой	Не установлен
Фенилэтанол	Фенилаланин	Цветочный (роза, фиалка)	Не установлен
Соединения серы			
Метанэтиол	Метионин	Вкус тушеной капусты	Не установлен
Метил-трипропанол	Метионин	Вкус вареной картошки, сырных крекеров	Не установлен
Диметилсульфид	Метионин	Интенсивный, вкус вареной капусты	<i>Lactobacillus helveticus</i> <i>Lactobacillus casei</i> <i>Propionibacterium</i>
Диметилдиль-сульфид	Метионин	Овощной (цветная капуста, чеснок), вкус очень зрелого сыра	Не установлен
S-метил-тиоацетат	Метионин	Овощной (цветная капуста, чеснок), сырный	Не установлен
Эфиры			
2-метилбутил-ацетат	Лейцин + кислота	Фруктовый (груша, банан)	Не установлен
3-метилбутил-пропаноат	Лейцин + кислота	Фруктовый (абрикос, ананас)	Не установлен
Другие компоненты			
4-гидрокси-2,5-диметил-3-фуранон + 5-этил-4-гидрокси-2-метил-3-франон	Амино-кислоты + карбо-нильные соединения	Карамельный	Неэнзиматические реакции

Липолиз, т. е. энзиматический гидролиз триглицеридов молочного жира с образованием свободных жирных кислот (СЖК) и глицерина, моно- и диглицеридов, является основным процессом для формирования вкусовых и ароматических компонентов сыра. Однако интенсивный липолиз является нежелательным в сырах швейцарского типа, поскольку высокое содержание жирных кислот приводит к появлению привкуса, характеризующегося как прогорклость. Липазы пропионовокислых бактерий обладают низкой липолитической активностью, поэтому незначительные концентрации СЖК способствуют формированию вкусовых характеристик сыров данного типа, особенно при правильном балансе с продуктами протеолиза, а кроме того, являются предшественниками, приводящими к образованию ароматических веществ в процессе катаболических реакций.

Сводные жирные кислоты вступают в реакцию со спиртами, приводящими к образованию эфиров, обладающих сильным вкусом. В сырах швейцарского типа Emmental обнаружено 14 эфиров [17, 471—478]. Свободные жирные кислоты в процессе созревания сыра участвуют в образовании веществ, формирующих вкус сыра, таких как метилкетоны, алканы, ароматические и алифатические эфиры [18, 409—417]. Более того, алифатические карбок-

сильные кислоты с короткой ($C_{2:0}$ $C_{6:0}$) и средней углеводной цепью ($C_{8:0}$ $C_{12:0}$) способствуют образованию характерного аромата в молочных продуктах. Летучие и нелетучие жирные кислоты являются основным компонентом, ответственным за вкус и запах сыра. В сырах швейцарского типа это в основном уксусная, пропионовая, п-масляная, изовалериановая и п-капроновая кислоты [15, 903—910; 19, 203—208].

Присутствие пропионовокислых бактерий в сырах повышает количество вкусовых и ароматических компонентов, полученных в результате ферментации молочной кислоты, липолиза, катаболизма аминокислот и других превращений. Пропионовокислые бактерии продуцируют летучие компоненты в сыре как в процессе созревания в бродильной камере, так и во время хранения при низких температурах. Соотношение летучих компонентов, образованных во время теплого и холодного периодов, значительно различается в зависимости от их происхождения. Установлено [20, 57—74], что около 20 % пропионовой и уксусной кислот, 25 % свободных жирных кислот с короткой углеводной цепочкой и 41 % с длинной углеводной цепочкой, 60 % кислот с боковой цепью, полученных в результате изолейцин/лейцин катаболизма, 80 % эфиров были продуцированы во время холодного периода.

Также установлено, что концентрация летучих компонентов, полученных в результате липолиза и катаболизма аминокислот, сильно различается в зависимости от штаммов пропионовокислых бактерий, которые обычно используют в производстве.

Данные исследований относятся к сырам швейцарского типа, вырабатываемым с высокой температурой второго нагревания. В ЕС сыр Emmental вырабатывается согласно Codex Standart A-6 Codex Alimentarius, а сыры Comte и Beaufort — Appellation d'Origine Protegee (AOP).

Производство сыров с использованием традиционных технологий Appellation d'Origine Protegee является весьма затратным, и детальные изучения формирования их вкусоароматических компонентов позволяют установить схему для обнаружения фальсификации элитных сыров.

В последние годы производство сыров с участием пропионовокислых бактерий было налажено на крупных сыродельных предприятиях Республики Беларусь. Характерной особенностью отечественной продукции является использование в качестве основной закваски мезофильных или мезофильно-термофильных молочнокислых микроорганизмов, низких температур второго нагревания и сокращенные сроки созревания. По вкусовым и физико-химическим характеристикам отечественные сыры отличаются от сыров швейцарского типа, выработанных в Европе и имеющих длительные сроки созревания. Изучение потребительских свойств отечественных сыров в зависимости от технологических параметров, состава заквасочной микрофлоры, продолжительности и режимов созревания не проводится, поэтому разработка технологий новых видов сыров, позволяющих не только максимально проявить характерные вкусовые особенности сыра, но и адаптировать последние к предпочтениям отечественных потребителей, является актуальной задачей.

Литература

1. Daly, D. Split defect and secondary fermentation in Swiss-type cheese A review / D. Daly, P.L.H. McSweeney, J. Sheenan // Dairy Sci. Technol. — 2010. — Vol. 90.
2. Advances in the biochemistry and microbiology of Swiss-type / R. Grappin [et al] // Lait. — 1999. — Vol. — 79.
3. Cheese: chemistry, physics and microbiology / P.F. Fox [et al] — 3-rd edn. // Elsevier: Amsterdam. — 2004. — Vol. 2.
4. Ji, T. Influence of starter culture ratios and warm room temperature on free fatty acid and amino acid in Swiss cheese / T. Ji, V.B. Alvarez, W.J. Harper // J. Dairy Sci. — 2004. — Vol. 87.
5. Ripening and quality of Swiss-type cheese made from raw, pasteurized or microfiltered milk / E. Beuvier [et al] // I. Dairy J. — 1997. — Vol. 7.

6. Klantcshitsch, T. Influence of milk treatment and ripening condition on quality of Raclette cheese / T. Klantcshitsch, H.P. Brachmann, Z. Puchan // Lait. — 2000. — Vol. 80.
7. Hugenholtz, J. van Hylckama Vlieg J.E.T. Monitoring cheese ripening: new developments / Hugenholtz, J. van Hylckama Vlieg J.E.T. // Improving the flavor of cheese, Woodhead Publishing Ltd. — Cambridge, UK, 2007.
8. Marilley, L. Flavours of cheese products: metabolic pathway, analytical tools and identification of product strains / L. Marilley, M.G. Casey // Int. J. Food Microbiol. — 2004. — Vol. 90.
9. Contribution of several cheese-ripening microbial associations to aroma compound production // A. Kenza [et al] // Lait. — 2004. — Vol. 84.
10. Yvon, M. Cheese flavor formation by amino acid catabolism // M. Yvon, L. Rijnen // Int. Dairy J. — 2001. — Vol. 11.
11. Piveteau P. Metabolisme of lactate and sugars by dairy propionibacteria: a review / P. Piveteau // Lait. — 1999. — Vol. 79.
12. Crow, V.L. The effect of succinate production on other fermentation products in Swiss-type cheese / L.V. Crow, K.W. Turner // N.Z. J. Dairy Sci. Technol. — 1986. — Vol. 21.
13. Sebactiani, H. Succinatbildung durch Propionsaurebakterien Eine Ursache der Nachgarung von Emmentaler? / H. Sebactiani, E. Tschager // Dtsch. Mol. Ztg. — 1993. — Vol. 114.
14. Izco, J.M. Papid simultaneous determination of organic acid, free amino acid and lactose in cheese by capillary electrophoresis // J.M. Izco, M. Tormo, R. Jimenez-Flores / J. Dairy Sci. — 2002. — Vol. 85.
15. Rychlik, M. Flavor and off-flavor compounds of Swiss Gruyere cheese. Identification of key odorants by quantitative instrumental and sensory studies / M. Rychlik, J.O. Bosset // Int. Dairy J. — 2001. — Vol. 11.
16. Butikofer, U. Development of free amino acids in Appenzeller, Emmentaler, Gruyere, Raclette, Sbrinz and Tilziter cheese / U. Butikofer, D. Furchs // Lait. — 1997. — Vol. 77.
17. Rychlik, M. Ripening of Emmental cheese wrapped in foil with and without addition of Lactobacillus casei subsp. III. Analysis of character impact flavour compounds / M. Rychlik, R. Warmke, W. Grosch // Lebensm. Wiss. u Technol. — 1997. — Vol. 30.
18. Izco J.M. Characterization of volatile flavor compounds in Roncal cheese extracted by the «purge and trap» method and analyzed by GC-MS / J.M. Izco, P. Torre // Food chem. — 2000. — Vol. 70.
19. Dirinck, P. Flavor characterization and classification on cheese by gas chromatographic-mass spectrometric profiling / P. Dirinck, De Winne A. // J. Chromatogr. A. — 1999. — Vol. 847.
20. Propionibacterium freudenreichii strains quantitatively affect production of volatile compounds in Swiss cheese / A. Thierry [et al] // Lait. — 2005. — Vol. 85.

Статья поступила
в редакцию 01.03. 2012 г.

А.Н. ЗОТКИНА

ОСОБЕННОСТИ ОСНОВНЫХ ВИДОВ И СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Настоящее время отличается высокими темпами научно-технического прогресса. Бурное развитие современной техники требует все новых материалов с заранее заданными свойствами, со сверхвысокой прочностью, твердостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью, другими характеристиками и сочетанием этих свойств. При этом открытие принципиально новых материалов происходит крайне редко. Требуются полимерные материалы с новыми свойствами, но их создание и освоение практически отсутствует. Поэтому модификация известных полимеров и комбинирование их с различными веществами и между собой является сегодня одним из основных способов изобретения новых композиционных материалов.

Анастасия Николаевна ЗОТКИНА, ассистент кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета.

□□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□ □□□□□□□□. □□□□□□□□.
□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□ □□□□□□□□□□. □□□□□□□□□□.