

ИЗУЧЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫРОВ С ПЛЕСЕНЬЮ ПРИ СОЗРЕВАНИИ

Изучены биохимические показатели созревания сыров, полученных с использованием плесневых грибов рода *Penicillium*. Подробно изучено содержание свободных аминокислот в сырах и выбран оптимальный вариант плесневых грибов рода *Penicillium*. Показано, что процесс накопления молочной кислоты согласовывался с динамикой развития утилизации молочного сахара и динамикой изменения активной кислотности сырной массы.

Сыры, созревание, биохимические показатели, плесневые грибы рода *Penicillium*, аминокислоты, лактоза.

Введение

Сыр относится к пищевым продуктам с повышенной пищевой и биологической ценностью. В его состав входят белки, липиды, углеводы, минеральные вещества, органические кислоты, витамины и др. Ассортимент вырабатываемых сыров весьма разнообразен. Различные виды сыров различаются органолептическими показателями, размерами, формой и массой.

Сыры относятся к категории продуктов, интересующих все социокультурные, этнические и возрастные группы потребителей. Современная технология сыроделия представляет собой совокупность высокотехнологичных процессов переработки молока и требует особых знаний ученых различных специальностей и научной методологии в области биохимии, биотехнологии, процессов и аппаратов пищевых производств, а также различных смежных областей. Накопленные знания раскрывают все более эффективные способы управления и интенсификации технологических процессов в сыроделии [1].

По данным различных источников, растущей популярностью пользуются сыры, обладающие пряным и насыщенным вкусом. Особое место занимают сыры, созревающие при участии плесневых грибов. Для них характерны особые органолептические показатели, не позволяющие спутать их с сырами других групп даже неспециалисту [2].

Сыры, которые получают с использованием плесневых грибов *Penicillium roqueforti* (кистевик Рокфора), характеризуются специфическими органолептическими показателями, а именно хорошо выраженным сырным и грибным вкусом и ароматом с наличием остроты и перечности, слегка солоноватой, нежной маслянистой или крошащейся консистенции, с распределенными прожилками плесени, на поверхности – нежная, блестящая корочка. В незрелом сыре плесень имеет серо-голубой или светло-зеленый цвет, а по мере созревания сыра она приобретает голубой цвет, с различными оттенками серого, заполняя собой образовавшиеся пустоты [3].

Следует особо подчеркнуть, что эта группа в ассортименте сыров растет в основном за счет импорта. Одной из отличительных особенностей сыров с плесенью является то, что при их созревании доминирующую роль играет аэробная микрофлора. Изменения, происходящие со структурой сыра, связа-

ны с развитием плесневых грибов как на поверхности, так и по всей массе, что обуславливает формирование специфического рисунка. К созревающим в аэробных условиях относятся многие виды мягких и некоторые виды полутвердых сыров комбинированного анаэробного и аэробного созревания. По типу основной культивируемой аэробной микрофлоры сыры аэробного созревания делят на грибные (плесневые) и слизневые [4].

Прогресс в развитии биотехнологии сказывается на уровне проведения исследований в сыроделии. Серьезные перспективы открываются перед учеными с появлением возможности секвенирования ДНК микроорганизмов, участвующих в созревании сыров, что позволяет перейти от описания сложных производственных процессов и заменить его управлением, основанным на знании причинной взаимосвязи и кинетики основных процессов. Это позволит в значительной степени раскрыть метаболические, биохимические и генетические вопросы биотехнологии сыров. В конечном итоге эти знания способствуют переходу на автоматизированные, научно управляемые высокопроизводительные процессы, что имеет важные последствия для развития научных исследований и методов производства.

Во время созревания сыры требуют специального ухода, предупреждающего развитие на его поверхности плесени, сдерживающего усушку продукта и стимулирующего протекание в нем ферментативных процессов. Поэтому поиск прогрессивных способов ухода за сыром при созревании постоянно интересует отечественных и зарубежных исследователей [5].

К настоящему времени сложились два основных направления реализации новых способов созревания сыров. Одно из них предусматривает применение защитных покрытий, адгезионно связанных с поверхностью продукта, а другое – помещение сыра в искусственную оболочку с набором свойств, обеспечивающих созревание сыра.

Основу второго способа составляет применение различных полимерных пленок. Следует отметить, что использование пленок нашло широкое применение при выработке сыров с низкой температурой второго нагревания («Голландский брусковый», «Костромской», «Пошехонский» и др.) и сыров с высоким уровнем молочнокислого брожения («Российский», «Чеддер»). Их использование позволяет по-

лучать продукт хорошего качества, повышает производительность труда и увеличивает выход сыра [6].

Все вышеизложенное показывает, что технологии получения сыров, вырабатываемых с использованием плесеней, известны давно, их широкомасштабное и успешное внедрение в практику сыроделия требует более глубокого понимания всех процессов, происходящих при выработке сыра. В связи с этим целью исследования стало изучение биохимических показателей сыра при созревании.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования явились сыры, полученные с использованием плесневых грибов рода *Penicillium*, и другое вспомогательное сырье и материалы, отвечающие требованиям действующей нормативной и технической документации.

При выполнении работы использовали общепринятые, стандартные и оригинальные методы исследования. Учет и обработку результатов проводили методами статистического и регрессионного анализа.

Отбор и подготовку проб к анализу проводили по ГОСТ 5904-82; ГОСТ 3622-68; ГОСТ 9225-84; ГОСТ 26668-85. Физико-химические показатели определяли по стандартным методикам: массовую долю влаги по ГОСТ 30305.1; титруемую кислотность по ГОСТ 3624; активную кислотность измеряли на потенциометрическом анализаторе по ГОСТ 26781; массовую долю казеинов, сывороточных белков, а также общее содержание белка (в зависимости от вида продукта) определяли методом Дюма на анализаторе общего азота/белка rapid N cube с регистрацией N₂ на детекторе по теплопроводности.

Результаты и их обсуждение

Созревание сыра – это процесс формирования его органолептических показателей, заключающийся в трансформации лактозы, протеинов и липидов во вкусовые и ароматические соединения под влиянием молокосвертывающих ферментов и микрофлоры сыра. Природные ферменты молока в сырах из пастеризованного молока играют в созревании незначительную роль. Первый этап трансформации компонентов заключается в сбраживании лактозы молочнокислыми бактериями, и в принципе он происходит во всех сырах одинаково, за исключением отдельных деталей. Главным отличием сыров с аэробным созреванием от остальных сычужных сыров на этом этапе является низкий минимальный pH этих сыров. Этот уровень pH выводит данные сыры из области, которая благоприятна для действия энзимов молочнокислых микроорганизмов. Во время созревания в сырной массе наибольшим изменениям подвергаются белки, молочный сахар, частично молочный жир.

В предварительных испытаниях было выявлено, что температура созревания 15 °С и более способствует быстрому перезреванию сыра. Поэтому для проведения дальнейших исследований были выбраны два варианта температурных интервалов: от 7 до 10 °С и от 11 до 14 °С.

Данные исследования направлены на изучение биохимических показателей созревания сыров, полученных с использованием плесневых грибов рода *Penicillium* по двум вариантам (табл. 1–3).

Таблица 1

Биохимические показатели созревания сыра, полученного с использованием *P. roqueforti*

Показатели	Продолжительность созревания, сутки	Вариант	
		I	II
рН	10	4,70	4,52
	20	4,15	4,37
	30	4,42	4,48
	45	4,65	4,69
Массовая доля влаги, %	45	55,6	59,6
Массовая доля соли, %	45	1,56	1,56
Массовая доля растворимого азота, % к общему	45	29,8	30,7
Массовая доля полипептидов, % к общему	45	14,1	18,5
Массовая доля азота аминокислот, % к общему	45	15,2	18,9

Результаты исследований, представленные в табл. 1, свидетельствуют о том, что активная кислотность в первые дни созревания была наиболее высокой. Изменение pH во второй половине созревания происходит в результате сбраживания лактоз, поэтому водородный показатель оказался более высоким во всех вариантах.

Обе группы сыров заметно отличаются по биохимическим показателям созревания. Относительное содержание растворимого азота, азота полипептидов, а также свободных аминокислот оказалось ниже в сырах, полученных по первому варианту.

Аналогичная картина наблюдалась в сырах, выработанных с использованием плесени вида *P. camemberti* и *P. caseicolum*. При этом начальная pH у этих сыров при продолжительности созревания 10 суток была незначительно выше, чем у сыров, вырабатываемых с использованием плесневого гриба вида *P. roqueforti*, и соответствует 4,94 для сыров, выработанных по первому варианту, и 4,76 – по второму.

Известно, что специфические органолептические показатели грибных сыров ярко выражены и чрезвычайно сильно отличаются от органолептических показателей других классов сыров, что обусловлено

более обширным и глубоким протеолизом и липолизом в этих сырах.

Таблица 2

Биохимические показатели созревания сыров, полученных с использованием *P. camemberti*

Показатели	Продолжительность созревания, сутки	Вариант	
		I	II
рН	10	4,94	4,76
	20	4,37	4,60
	30	4,65	4,71
	45	4,89	4,93
Массовая доля влаги, %	45	54,21	58,11
Массовая доля соли, %	45	1,52	1,52
Массовая доля растворимого азота, % к общему	45	29,06	29,93
Массовая доля полипептидов, % к общему	45	13,75	18,04
Массовая доля азота аминокислот, % к общему	45	14,82	18,43

Таблица 3

Биохимические показатели созревания сыров, полученных с использованием *P. caseicolum*

Показатели	Продолжительность созревания, сутки	Вариант	
		I	II
рН	10	4,95	4,76
	20	4,37	4,61
	30	4,66	4,72
	45	4,90	4,94
Массовая доля влаги, %	45	53,93	57,81
Массовая доля соли, %	45	1,51	1,51
Массовая доля растворимого азота, % к общему	45	28,91	29,78
Массовая доля полипептидов, % к общему	45	13,68	17,95
Массовая доля азота аминокислот, % к общему	45	14,74	18,33

Катализатором этих процессов могут быть только ферменты, образуемые микрофлорой. Вторым этапом созревания сыров является частичная утилизация кислых продуктов метаболизма лактозы молочнокислыми бактериями закваски – необходимое условие для последующего действия протеолитических и липолитических ферментов, образуемых микрофлорой сыров.

С изменением рН коррелирует скорость протеолиза, оцениваемая по увеличению содержания свободных аминокислот. В связи с этим дальнейшие исследования направлены на изучение содержания свободных аминокислот в сырах, выработанных с

использованием плесневых грибов рода *Penicillium* по двум вариантам (табл. 4–6).

Данные, представленные в табл. 4, свидетельствуют о том, что наибольшее количество свободных аминокислот наблюдается во втором варианте получения сыра с плесенью. Отмечается высокое содержание валина и метионина, глутаминовой кислоты и фенилаланина.

В табл. 5 представлены данные по содержанию свободных аминокислот в сырах, выработанных с использованием *P. camemberti*.

Таблица 4

Содержание свободных аминокислот в сырах, выработанных с использованием *P. roqueforti*

Аминокислоты	Вариант			
	I		II	
	мг/100 г	% к общему количеству	мг/100 г	% к общему количеству
Валин + метионин	95,90	18,96	121,79	19,28
Лейцин + изолейцин	69,50	13,75	84,79	13,42
Лизин	24,70	4,89	32,60	5,16
Треонин	10,50	2,08	13,76	2,18

Аланин	11,30	2,24	14,69	2,33
Аргинин	9,30	1,84	12,83	2,03
Аспарагиновая кислота	11,10	2,19	14,87	2,35
Гистидин	15,40	3,05	20,02	3,17
Глицин	5,60	1,08	7,00	1,11
Глутаминовая кислота	106,6	21,10	130,05	20,59
Пролин	Следы	Следы	Следы	Следы
Серин	15,30	3,03	18,82	2,98
Тирозин	23,80	4,71	28,32	4,48
Цистин	1,70	0,33	2,06	0,33
Фенилаланин	104,9	20,75	130,08	20,59
Всего	505,6	100,0	631,69	100,00

Таблица 5

Содержание свободных аминокислот в сырах, выработанных с использованием *P. camemberti*

Аминокислоты	Вариант			
	I		II	
	мг	% к общему количеству	мг	% к общему количеству
Валин + метионин	93,50	18,97	118,75	19,28
Лейцин + изолейцин	67,76	13,75	82,67	13,42
Лизин	24,08	4,88	31,79	5,16
Треонин	10,24	2,08	13,42	2,18
Аланин	11,02	2,24	14,32	2,33
Аргинин	9,07	1,84	12,51	2,03
Аспарагиновая кислота	10,82	2,19	14,50	2,35
Гистидин	15,02	3,05	19,52	3,17
Глицин	5,46	1,11	6,83	1,11
Глутаминовая кислота	103,94	21,08	126,80	20,59
Пролин	–	–	–	–
Серин	14,92	3,03	18,35	2,98
Тирозин	23,21	4,71	27,61	4,48
Цистин	1,66	0,34	2,01	0,33
Фенилаланин	102,28	20,75	126,83	20,59
Всего	492,96	100,00	615,90	100,00

Использование плесневых грибов вида *P. camemberti* позволяет получить сыры с общим содержанием свободных аминокислот в 1,03 раза меньше, чем с использованием *P. roqueforti*. Данный факт вероятно связан с более низкой протеолитической

активностью данного вида плесени.

В табл. 6 представлены данные по содержанию свободных аминокислот в сырах, выработанных с использованием *P. caseicolum*.

Таблица 6

Содержание свободных аминокислот в сырах, выработанных с использованием *P. caseicolum*

Аминокислоты	Вариант			
	I		II	
	мг	% к общему количеству	мг	% к общему количеству
Валин + метионин	93,21	18,97	118,38	19,28
Лейцин + изолейцин	67,55	13,75	82,42	13,42
Лизин	24,01	4,89	31,69	5,16
Треонин	10,21	2,08	13,37	2,18

Аланин	10,98	2,23	14,28	2,33
Аргинин	9,04	1,84	12,47	2,03
Аспарагиновая кислота	10,79	2,20	14,45	2,35
Гистидин	14,97	3,05	19,46	3,17
Глицин	5,44	1,11	6,80	1,11
Глутаминовая кислота	103,62	21,08	126,41	20,59
Пролин	–	–	–	–
Серин	14,87	3,03	18,29	2,98
Тирозин	23,13	4,71	27,53	4,48
Цистин	1,65	0,34	2,00	0,33
Фенилаланин	101,96	20,75	126,44	20,59
Всего	491,44	100,00	614,00	100,00

Данные, представленные в табл. 6, аналогичны ранее полученным исследованиям относительно сыров, полученных с использованием плесневых грибов вида *P. roqueforti* и *P. caseicolum*, и свидетельствуют о том, что наибольшее количество свободных аминокислот наблюдается во втором варианте получения сыра с плесенью. При этом отмечено высокое

содержание валина и метионина, глутаминовой кислоты и фенилаланина, низкое содержание – глицина и цистина.

В табл. 7 представлена динамика утилизации лактозы в сырах, выработанных с применением плесневых грибов рода *Penicillium*.

Таблица 7

Динамика утилизации лактозы в сырах, выработанных с применением плесневых грибов

Наименование плесневых грибов	Вариант	Массовая доля лактозы, %, при продолжительности созревания, сутки				
		0	5	10	15	20
<i>P. roqueforti</i>	I	0,95	0,04	0,01	0	0
	II	0,94	0,05	0,01	0	0
<i>P. camemberti</i>	I	0,95	0,05	0,01	0	0
	II	0,94	0,05	0,01	0	0
<i>P. caseicolum</i>	I	0,95	0,05	0,01	0	0
	II	0,94	0,04	0,01	0	0

В ходе исследования установлено, что на пятые сутки во всех сырах была практически сброжена лактоза и процесс ее утилизации во всех вариантах сыров был одинаковым.

Нами также показано (табл. 8), что процесс накопления молочной кислоты согласовывался с динами-

кой развития утилизации молочного сахара и динамикой изменения активной кислотности сырной массы. В 40-суточном возрасте все сыры содержали 1,35–1,45 % молочной кислоты и имели величину активной кислотности в пределах от 4,7–4,9 pH.

Таблица 8

Динамика накопления молочной кислоты в сырах, выработанных с применением плесневых грибов

Наименование плесневых грибов	Вариант	Массовая доля молочной кислоты, %, при продолжительности, сутки				
		0	5	10	15	20
<i>P. roqueforti</i>	I	0,15	1,50	1,70	1,60	1,40
	II	0,14	1,47	1,68	1,55	1,38
<i>P. camemberti</i>	I	0,15	1,53	1,60	1,45	1,35
	II	0,13	1,51	1,57	1,47	1,38
<i>P. caseicolum</i>	I	0,15	1,50	1,80	1,65	1,45
	II	0,15	1,52	1,78	1,63	1,47

Для всех сыров было характерно снижение активности с увеличением срока созревания. Более ярко этот процесс выражен у сыров, выработанных *P. roqueforti*. Отмеченный факт может быть связан, с одной стороны, с утилизацией молочной кислоты незаквасочной микрофлорой в сыре на поздних стадиях созревания, а с другой – с образованием щелочных продуктов протеолиза. Последнее предположение, судя по динамике изменения молочной кислоты в сыре *P. roqueforti*, является наиболее справедливым объяснением происходящих процессов. Однако

по динамике накопления общего азота в процессе созревания сыра, выработанного по различным вариантам, практически не отличается друг от друга.

Известно, что в культурах плесневых грибов могут накапливаться значительные количества органических кислот. Характерной особенностью этого процесса является то, что кислоты образуются из самых разнообразных веществ: углеводов, пептона, глицерина, солей уксусной, винной, янтарной, fumarовой, лимонной, яблочной и других кислот.

В связи с этим дальнейшие исследования на-

правлены на изучение изменения количества летучих жирных кислот в сырах, выработанных с использованием рода *Penicillium*. В табл. 9 представ-

лены данные по содержанию свободных жирных кислот в сырах, выработанных с применением плесневых грибов рода *Penicillium*.

Таблица 9

Содержание свободных жирных кислот в сырах, выработанных с применением плесневых грибов

Наименование кислоты	Код кислоты	<i>P. roqueforti</i>	<i>P. camemberti</i>	<i>P. caseicolum</i>
Каприловая	C ₈	Следы	Следы	Следы
Каприновая	C ₁₀	0,93	1,21	0,38
Ундекановая	C ₁₁	0,01	0,22	Следы
Лауриновая	C ₁₂	1,38	1,45	1,23
Тридекановая	C _{13-изо}	Следы	Следы	0,13
Изомиристиновая	C _{14-изо}	0,04	0,14	0,08
Миристиновая	C ₁₄	8,01	8,37	7,17
Пентадекановая	C ₁₅	1,70	1,43	1,46
Изопальмитиновая	C _{16-изо}	0,16	0,26	0,13
Пальмитиновая	C ₁₆	25,10	29,73	29,99
Гексадекановая	C _{16:1}	1,09	1,1	1,09
Маргариновая	C ₁₇	0,28	0,44	0,38
Изостеариновая	C _{18-изо}	Следы	Следы	0,4
Стреариновая	C ₁₈	14,83	15,47	14,95
Олеиновая	C _{18:1}	37,42	32,37	35,12
Нонандекановая	C ₁₉	Следы	Следы	Следы
Линолевая	C _{18:2}	1,22	3,95	4,1
Линоленовая	C _{18:3}	Следы	Следы	Следы
Арахидиновая	C ₂₀	Следы	Следы	Следы
Всего, мг в 100 г		92,17	96,14	96,61

Результаты полученных исследований свидетельствуют о том, что для всех вариантов сыров процентная доля отдельных высокомолекулярных жирных кислот варьировала в незначительных пределах и в целом согласуется с имеющимися литературными данными. Доминирующими кислотами во всех вариантах опыта являлись олеиновая, пальмитиновая, стеариновая и миристиновая. Более высокая суммарная доля свободных жирных кислот, обнаруженная в сырах, выработанных с применением плесневых грибов *P. camemberti* и *P. caseicolum*, согласуется с результатами исследований состава липидных компонентов.

Более низкая доля свободных жирных кислот в сырах, выработанных с использованием *P. roqueforti*, скорее всего, является следствием более интенсивных реакций их дальнейших преобразований во вкусовые и ароматические вещества и свидетельством более глубоких процессов метаболизма липидов, происходящих в этих сырах.

Выводы

Таким образом, наши исследования позволяют сделать заключение о том, что биохимические изме-

нения в первые дни созревания были наиболее высокими с использованием плесени вида *P. camemberti* и *P. caseicolum*. При этом начальная pH у этих сыров при продолжительности созревания 10 суток была незначительно выше, чем у сыров, выработанных с использованием плесневого гриба вида *P. roqueforti*, и соответствует 4,94 для сыров, выработанных по первому варианту, и 4,76 – по второму.

С изменением pH коррелирует скорость протеолиза, оцениваемая по увеличению содержания свободных аминокислот. Результаты исследования сыров, полученных с использованием плесневых грибов вида *P. roqueforti* и *P. caseicolum*, свидетельствуют о том, что наибольшее количество свободных аминокислот наблюдается во втором варианте получения сыра с плесенью. При этом отмечено высокое содержание валина и метионина, глутаминовой кислоты и фенилаланина, низкое содержание – глицина и цистина.

В ходе исследования установлено, что на пятые сутки во всех сырах была практически сброжена лактоза и процесс ее утилизации во всех вариантах сыров был одинаковым.

Список литературы

1. Бобылин, В.В. Новые виды мягких кислотно-сычужных сыров / В.В. Бобылин, Л.И. Вожаева // Сыроделие. – 1998. – № 2–3. – С. 12–14.

2. Васильева, С.Б. Ассортимент плесневых сыров на рынке Кемерово / С.Б. Васильева, Е.И. Першина, Е.А. Васильев // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 3. – С. 32–34.
3. Бисько, Н.А. Микрофлора субстрата *Pleurotus ostreatus* // Микология и фитопатология. – 1996. – Т. 30. – № 5. – С. 7–12.
4. Двинский, Б.М. О производстве элитных мягких сыров в России // Сыроделие. – 2000. – № 1. – С. 28.
5. Климовский, И.И. Биохимические и микробиологические основы производства сыра. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 128 с.
6. Иванов, В.А. Новые методы контроля за протеолизом белков созревающего сыра // Актуальные проблемы переработки молока и производства молочных продуктов. – Вологда, 1989. – С. 138–140.

ЗАО фирма «Калория»,
353720, Россия, Краснодарский край,
Каневский район, ст. Стародеревянковская,
ул. Украинская, 100.
Тел./факс: (861-64) 7-15-31
e-mail: sales@kalorya.ru

SUMMARY

T.N. Sadovaya

The study of biochemical characteristics of mold-type cheeses during ripening

Biochemical characteristics of cheese mold-ripening using mold-fungi of genus *Penicillium* have been studied. Detailed studying of free amino acid content in cheeses has been done and a choice of an optimum variant of mold-fungi of genus *Penicillium* has been proved. It is shown that the process of lactic acid accumulation is coordinated with the dynamics of development of milk sugar utilization and the dynamics of change of cheese mass active acidity.

Cheeses, ripening, biochemical characteristics, mold-fungi of genus *Penicillium*, amino acids, lactose (milk sugar).

«Kaloriya» Firm
100 Ukrainskaya Str., st. Starodereviankovskaya,
Kanevskoy district, Krasnodar Region, Russia, 353720
Phone/Fax: (861-64) 7-15-31
e-mail: sales@kalorya.ru

