

УДК 637.3.05

И.Л. Остроухова, Д.В. Остроухов

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

ВЛИЯНИЕ ПЛЕСНЕВОЙ И СЛИЗНЕВОЙ МИКРОФЛОРЫ НА ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ СОЗРЕВАНИИ СЫРОВ

Исследования были проведены в рамках разработки технологий сыров с плесневой и слизневой микрофлорой для накопления статистического материала, который может быть использован при выборе микрофлоры с протеолитической активностью, обеспечивающей оптимальную интенсивность протекания протеолитических процессов, а также для установления готовности сыра к его реализации. Эти данные могут способствовать решению задач по созданию классов сыров с индивидуальным вкусовым профилем, выработанных в определенной местности.

Ключевые слова: плесневый сыр, слизневый сыр, протеолиз, вкусо-ароматические вещества, продукты протеолиза

Свежевыработанный плесневый или слизневый сыр имеет плотную или крошливую, или творожистую консистенцию и кислый вкус. В процессе созревания в толще сырной массы или на ее поверхности происходит развитие колоний благородной плесени и/или слизи, которые, выделяя в сырную массу ферменты, способствует трансформации исходного белка в водорастворимые азотистые соединения (пептоны, пептиды и свободные аминокислоты) [1].

При протеолитическом расщеплении белка на более короткие фрагменты снижается прочность белкового «каркаса». Консистенция сыра при этом размягчается и, если протеолизом будет затронуто большое количество белка, становится излишне пластичной, а затем переходит в мажущуюся. Кроме того, при созревании происходит значительное изменение активной кислотности сырной массы (от 4,6–4,8 ед. до 6,5–7,5 ед. рН). При этом возрастает гидратационная способность белка, белок набухает и консистенция сырной массы становится более пластичной. Таким образом, за счет действия двух факторов: разрушения белкового каркаса сыра и гидратации незатронутого протеолизом белка консистенция сырной массы за время созревания изменяется от крошливой и творожистой до нежной и мажущейся, часто напоминающей консистенцию плавленого сыра [2].

Гидратированный белок лучше атакуется ферментами. Также при нейтральных и щелочных значениях рН создаются оптимальные условия для действия протеаз. В результате сочетания этих факторов протеолиз на последней стадии созревания сыров может ускориться [2].

Специфика протеолиза в сырах, созревающих с участием плесневых и слизневых микроорганизмов, определяется набором ферментов, выделяемых заквасочными микроорганизмами – молочнокислыми бактериями и плесневой и слизневой

микрофлорой. В результате плесневые сыры должны иметь более сложный профиль продуктов протеолиза, чем сыры, созревающие только при участии молочнокислых бактерий.

В связи с вышеизложенным, целью данной серии экспериментов было установить влияние нетрадиционной (плесневой и слизневой) микрофлоры на протеолитические процессы при созревании сыров и формирование его консистенции.

Были проведены экспериментальные выработки сыров с использованием мезофильной заквасочной микрофлоры и плесневой и/или слизневой микрофлоры по вариантам:

- 1 вариант – дополнительная культура *Pen. candidum*;
- 2 вариант – дополнительная культура *Brevibacterium linens*;
- 3 вариант – дополнительная культура *Pen. roqueforti*;
- 4 вариант – дополнительные культуры *Pen. candidum* и *Brevibacterium linens*.

Нетрадиционные культуры подобраны со средней протеолитической и липолитической активностью и высокой скоростью роста.

Сыры выработаны по технологическому регламенту полутвердого сыра: массовая доля жира в сухом веществе – (50±1) %, массовая доля влаги – (49±2). Сыр после созревания (45 сут) хранился в течение 60 сут при температуре 2-4 °С.

В табл. 1 представлены экспериментальные данные по степени протеолиза в сырах с разной нетрадиционной микрофлорой.

Таблица 1

Степень протеолиза в сырах с плесневой и слизневой микрофлорой

| Варианты опыта | Нетрадиционная микрофлора | Возраст сыра | Контролируемые показатели | | |
|----------------|---|---|---------------------------|---|-----------------------|
| | | | массовая доля белка, % | массовая доля водорастворимого белка, % | степень протеолиза, % |
| 1 | <i>Pen. candidum</i> | после созревания (45 сут) и хранения (60 сут) | 23,9 | 12,0 | 50,2 |
| 2 | <i>Brevibacterium linens</i> | | 24,2 | 17,4 | 71,9 |
| 3 | <i>Pen. roqueforti</i> | | 19,8 | 15,3 | 77,3 |
| 4 | <i>Pen. candidum</i> и <i>Brevibacterium linens</i> | | 22,3 | 21,2 | 95,1 |

Из данных, представленных в табл. 1, можно сделать вывод о «вкладе» плесневой и слизневой микрофлоры в протеолитические процессы, проходящие в сырной массе.

В представленных сырах степень протеолиза, оцениваемая по отношению растворимого белка к общему и выраженная в процентах, в 2–3 раза выше, чем в сырах «голландской группы», в которых степень протеолиза зрелого сыра находится на уровне (20±2) %. Самый высокий уровень протеолиза отмечен в сыре с белой плесенью *Pen. candidum* и слизью *Brevibacterium linens*. Очевидно в данном случае

наблюдается синергетический эффект от совместного действия плесневых и слизневых культур.

В исследованных образцах идентифицированы летучие вкусо-ароматические вещества по классам соединений, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сводная таблица степени протеолиза и содержания летучих вкусо-ароматических веществ в паровой фазе сыра

| Варианты опыта | Нетрадиционная микрофлора | Степень протеолиза, % _{отн} | Общее содержание летучих ВАВ, нА.с | Массовая доля индивидуальных летучих веществ в паровой фазе сыра, % | | | |
|----------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|-----------|--------|--------|
| | | | | спирты | альдегиды | кетоны | другие |
| 1 | <i>Pen. candidum</i> | 50,2 | 0,22 | – | 58,7 | 33,3 | 8,0 |
| 2 | <i>Brev. linens</i> | 71,9 | 0,67 | 1,4 | 78,4 | 18,4 | 1,8 |
| 3 | <i>Pen. roqueforti</i> | 77,3 | 0,18 | 35,4 | 33,0 | 22,5 | 9,1 |
| 4 | <i>Pen. candidum</i> и <i>Brev. linens</i> | 95,1 | 0,22 | 1,5 | 69,9 | 4,5 | 24,1 |

В результате хроматографических исследований паровой фазы образцов сыра в кондиционном возрасте установлено, что качественный состав паровой фазы образцов сыра существенно зависит от нетрадиционной микрофлоры, обладающей ярко выраженной специфичностью в продуцировании вкусо-ароматических веществ. Были идентифицированы следующие летучие вкусо-ароматические вещества по классам соединений: спирты, альдегиды, кетоны.

В исследованных образцах были выявлены индивидуальные летучие вкусо-ароматические вещества:

- спирты – метанол (только в сыре со слизью), бутанол-1 и пентанол-1 (только в сыре с голубой плесенью);
- альдегиды – бутаналь (во всех сырах), пропаналь (преимущественно в сыре с белой плесенью), бутеналь-2 (в большом количестве в сырах со слизью и со слизью + белой плесенью), этаналь (только в сыре со слизью);
- кетоны - пентанон-2 и гексанон-2 (во всех сырах, но преимущественно в сырах с голубой плесенью), ацетон (только в сырах с *Pen. candidum* и сырах с *Brevibacterium linens*), бутанон-2 (только в сыре с белой плесенью).

Установлена тенденция в содержании индивидуальных летучих вкусо-ароматических веществ. Так, в паровой фазе сыров с голубой плесенью (3 вариант) спирты, альдегиды и кетоны находятся в примерно равном соотношении. В остальных сырах летучие соединения представлены преимущественно альдегидами и кетонами, но в разных соотношениях. Так, в сырах с белой плесенью (1 вариант) альдегидов около 60 %, кетонов около 33 %. В сырах со слизью (2 вариант) соотношение альдегидов и кетонов составляет 78:18. В сырах с белой плесенью и слизью (4 вариант) большая доля летучих вкусо-ароматических веществ приходится на альдегиды,

их 70 %. На кетоны приходится всего 5 % летучих ВАВ, а также присутствует большая доля веществ (24 %), которые не удалось идентифицировать.

В образцах плесневых и слизневых сыров было исследовано молекулярно-массовое распределение продуктов протеолиза – рис. 1, где для сравнения представлено и выделено красной линией молекулярно-массовое распределение продуктов протеолиза голландского сыра.

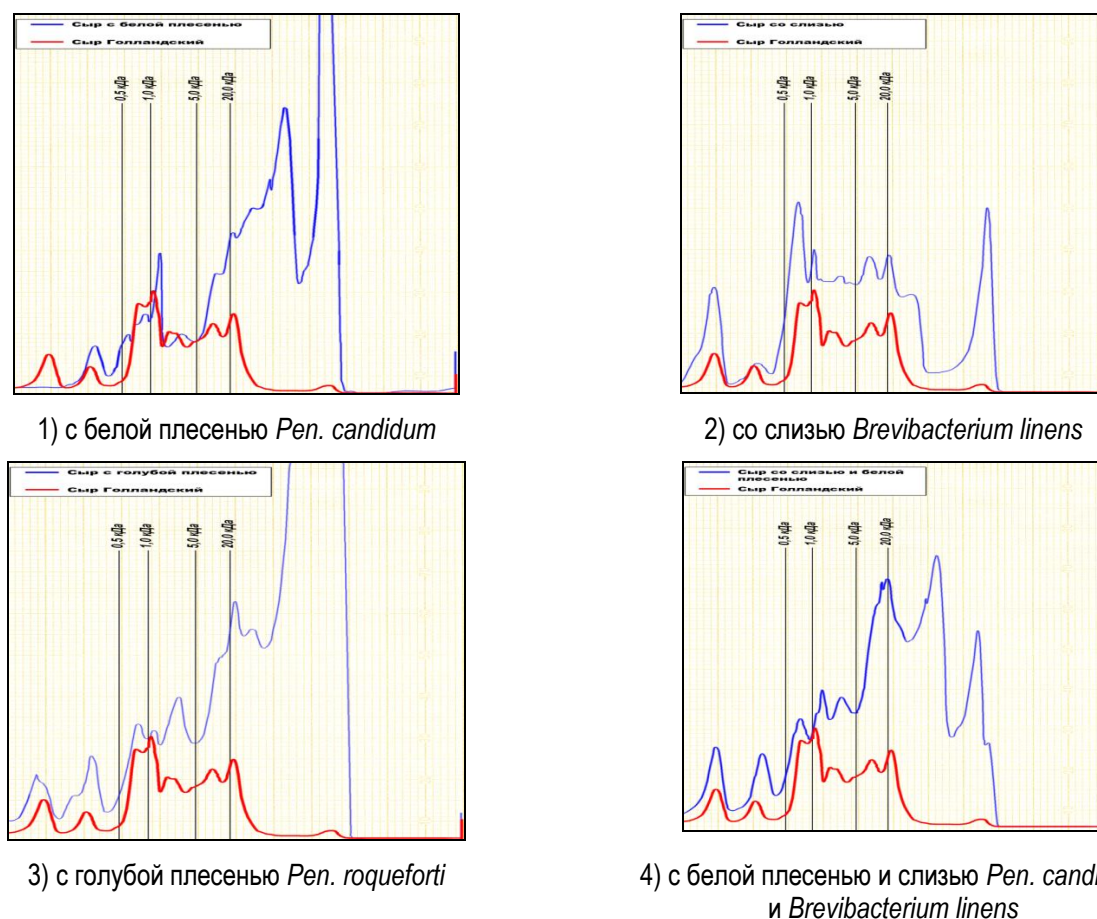


Рисунок 1. Диаграммы молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров после созревания (45 сут) и хранения (60 сут)

Из диаграмм молекулярно-массового распределения продуктов протеолиза сыров, созревающих с использованием нетрадиционной микрофлоры, следует, что в этих сырах ведущая роль в протеолитических процессах принадлежит плесневой и слизневой микрофлоре. Суммарный уровень продуктов протеолиза выше, в сравнении с голландским сыром и коррелирует со степенью протеолиза в этих сырах (табл. 1).

В процессе работы были установлены условия роста *Brevibacterium linens* на поверхности полутвердого сыра. Эти микроорганизмы начинали расти на поверхности сыра после снижения кислотности, а именно, после повышения pH с 5,1 до 5,6. Нейтрализация поверхности сыра осуществлялась за счет белой плесени *Pen. Candidum* (в сыре 4 варианта). Это происходило ~ к 10 суткам созревания. Или за счет

роста «дикой» микрофлоры сырохранилищ (дрожжи, плесени, 2 вариант), при этом *Brevibacterium linens* сменяла плесневую микрофлору на 10–15 сутки.

Таким образом, было установлено, что сыры, созревающие с участием нетрадиционной микрофлоры, имеют более сложный профиль продуктов протеолиза, чем сыры, созревающие только при участии молочнокислых бактерий. Преимущественный вклад в процессы протеолиза вносит плесневая и слизневая микрофлора. Продукты протеолиза при использовании конкретного вида нетрадиционной микрофлоры имеют существенные отличия. Это следует из вида и суммы накопленных летучих вкусо-ароматических веществ, а также растворимых продуктов протеолиза, которые отличаются молекулярной массой.

Список использованной литературы:

1. **Гудков, А.В.** Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / А.В. Гудков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – С. 804.
2. Сыр. Научные основы и технологии. Том 2. Технологии основных групп сыров / Под. ред. П.Л. МакСуини, П.Ф. Фокса, П.Д. Коттера, Д.У. Эверетта. Перевод с англ. 4-е изд. – СПб.: Профессия, 2019. – 572 с.