

О ТЕКСТУРЕ ТВЕРДОГО СЫРА

ИНФОРМАЦИОННАЯ СТАТЬЯ

Евгения Дмитриевна Кашина, канд. с.-х. наук, главный технолог
ООО «АлтаЛакт» г. Барнаул; представительство ООО «АлтаЛакт» в г. Москве



Выдержанные сыры характеризуются твердой консистенцией и гранулярной текстурой. Наличие кристаллов в некоторых сырах является отличительной чертой, явным преимуществом. Рассмотрим факторы, которые обуславливают такую консистенцию.

В процессе созревания сыра происходит последовательное расщепление компонентов молока, таких как жир, белок и лактоза под действием ферментов бактерий. Следовательно, знание бактериальной флоры, участвующей в созревании, имеет важное значение для прогнозирования и определения качества сыра. Под действием микроорганизмов происходит ферментация лактозы с образованием лактатов.

Сбраживание остаточной лактозы в процессе созревания сыра существенно влияет на качество сыра. Горбатова К. К. выяснила, что при сбраживании глюкозы молочнокислыми бактериями могут образоваться два оптических изомера молочной кислоты – D-лактат и L-лактат. Большинство штаммов молочнокислых лактококков, термофильный стрептококк и бифидобактерии преимущественно продуцируют L-лактат, болгарская палочка и лейконостокки – D-форму, *Lb. helveticus*, *Lb. plantarum*, *Lb. acidophilus* – оба изомера в почти одинаковых количествах, т. е. оптически неактивную DL-молочную кислоту, или рацемат.

Josef Kammerlehner несколько конкретизирует данные по образованию лактатов отдельными видами микроорганизмов:

- D(-): *Lb. bulgaricus* (100 %), *Lb. lactis* (100 %), так же как и виды *Leuconostoc*
- L(+): *Str. thermophilus* (100 %), *Lc. lactis* (~ 97 %) и *Bifidobacterium bifidum* (~ 95 %)
- DL: *Lb. acidophilus*, *Lb. helveticus*

Образование изомеров молочной кислоты может снизиться или возрасти с увеличением продолжительности развития культуры.

Рацемизация L-лактата в D-лактат быстрее протекает в сырах из непастеризованного молока, благодаря высокой численности и разнообразию незаквасочной микрофлоры.

Известно, что в Италии Пармиджано Реджано вырабатывают из сырого молока, которое заквашивают сывороткой от предыдущих выработок.

На ранних стадиях производства сыра Пармиджано Реджано отмечено наличие разнообразной микрофлоры, состоящей в основном из термофильных и мезофильных лактобацилл, термофильных стрептококков, лактококков, энтерококков и микрококков.

Согласно литературным данным, натуральная сывороточная закваска содержит большое количество термофильных молочнокислых бактерий (*Lb. helveticus*, *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis*, *Lb. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) и несколько факультативно гетероферментативных молочнокислых бактерий относящихся к *Lb. rhamnosus*.

По окончании первых суток созревания энтерококки уже не обнаруживали в сыре. Термофильные молочнокислые бактерии исчезали в течение 30 суток. Мезофильная факультативно гетероферментативная молочнокислая микрофлора, состоящая из *L. casei*, *L. paracasei* ssp. *paracasei*, *L. paracasei* ssp. *tolerans*, *L. rhamnosus* и педиококков, прогрессивно увеличивалась вплоть до пятого месяца выдержки.

Сыр Грана Падано очень похож на Пармиджано Реджано, однако, существует явное различие в технологии этих двух сыров. При производстве Грана

Падано используется молоко от одной дойки, тогда как для производства Пармиджано Реджано используют смесь от вечерней и утренней дойки, к тому же при производстве Грана Падано используют лизоцим для предотвращения развития маслянокислых бактерий. Лизоцим существенно подавляет рост не только маслянокислых бактерий, но и молочнокислых, что, в свою очередь, влияет на скорость снижения pH в процессе производства сыра.

R. Sorpolo и коллегам удалось установить присутствие молочнокислых бактерий с преобладанием факультативно гетероферментативных лактобацилл на протяжении всего периода созревания сыра Пармиджано Реджано (24 мес.).

Известно, что вспомогательными культурами, способствующими созреванию сыра, являются гетероферментативные мезофильные лактобациллы, (*Lb. paracasei*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. plantarum*). Их присутствие может улучшить органолептические свойства и микробиологические показатели сыра, т. к. они обладают способностью продуцировать свободные аминокислоты и превращать их во вкусоароматические соединения, а также делают сырную среду менее пригодной для развития нежелательных микроорганизмов путем продуцирования противомикробных соединений. *Lb. paracasei*, *Lb. rhamnosus* более термоустойчивы, чем *Lb. plantarum*. Эти два вида лактобацилл выдерживают температуру второго нагревания (50–55 °C), используемую при изготовлении твердых сыров. Внесение вспомогательных культур при изготовлении сыров по разным технологиям может изменять их органолептические показатели из-за увеличения содержания вкусоароматических соединений.

В нашей стране не разрешено производить сыры из сырого молока. Поэтому многих сыроделов интересует возможность получения гранулярной текстуры в сырах из пастеризованного молока. Мы подробно рассмотрели состав микрофлоры сыра Пармиджано Реджано, характеристику отдельных видов молочнокислых микроорганизмов, чтобы обосновать состав заквасок для производства такого типа сыров. Компания АлтаЛакт предлагает комбинацию основной закваски **TH-HARD** и созревательной культуры **RAM**, которая обеспечивает возможность получения сыра с заданными характеристиками.

Для развития вкуса и аромата рацемизация большого значения не имеет. Однако, лактат кальция может кристаллизоваться с образованием белых вкрапле-

ний (кристаллов). Растворимость DL-лактата кальция ниже, чем чистого L-лактата, из-за чего рацемизация лактата способствует кристаллообразованию. Таким образом, если в результате микробного метаболизма концентрация D-лактата будет выше, чем L-лактата, то из-за более низкой растворимости DL-лактата кальция это будет способствовать кристаллообразованию. Для роста кристаллов необходимы зародыши кристаллообразования, которыми могут служить бактериальные клетки, микрокристаллы фосфата кальция или нерастворившийся карбонат кальция. Образованию кристаллов может способствовать также высокое содержание остаточной лактозы, благоприятствующее росту незаквасочной микрофлоры. Образованию кристаллов благоприятствуют факторы, которые способствуют высвобождению связанного с казеином кальция (например, низкое значение pH или высокое содержание соли, которая вызывает замену ионов Na^+ на Ca^{2+}) или снижают растворимость лактата кальция (например, более низкая температура созревания). Кроме того, кристаллообразованию способствуют копчение, дегидратация и упаковка сыра в модифицированной газовой среде на основе CO_2 , который может растворяться в водной фазе сыра.

Сегодня аналитические возможности позволили идентифицировать кристаллы, выяснить их происхождение и причинные факторы, а также лучше понять их вклад в текстуру сыра. В настоящее время очевидно, что в натуральных сырах содержится множество кристаллов на органической и неорганической основе. Некоторые кристаллы образуются преимущественно на поверхности сыров без корки, другие – в неправильных отверстиях или сферических глазках, которые встречаются в теле некоторых сыров, а третьи – в сырной матрице.



Фото предоставлено автором статьи

Фото предоставлено авторами статьи



Kindstedt P. и Polowsky P. разделили кристаллы в сыре на 2 категории, а именно – на органические (содержат углерод и имеют прямое биологическое происхождение), и неорганические/минеральные, но которые также могут включать виды, полученные из углекислого газа (карбонаты) (см. рис).

Неорганические кристаллы на основе кальция встречаются в виде фосфата кальция и карбоната кальция. Первые состоят из брушита и, возможно, других форм фосфата кальция, таких как трикальцийфосфат. Кристаллы карбоната кальция включают кальцит. Было определено доказано, что только 1 кристалл на основе магния, струвит, встречается в сыре, хотя предполагается, что есть и другие формы фосфата и карбоната магния.

Органические кристаллы в сыре происходят из 3 различных органических соединений: аминокислот, лактата и цитрата. Кристаллические формы аминокислот L(+)-тирозин и L(+)-лейцин встречаются в некоторых твердых выдержанных сырах.

Fox P. F. и другие установили, что протеолиз играет важную роль в формировании текстуры, а также вкуса. Созревание сыра в основном зависит от pH, температуры созревания, активности воды, концентрации соли, окислительно-



Рисунок. Классификация кристаллов в сырах. (?)* – неизвестные кристаллические формы; CPL – пентагидрат лактата кальция

восстановительного потенциала, NO_3 и других соединений (бактериоцинов). Однако, созревание сыра предполагает сочетание микробиологических и биохимических изменений в сыре.

D'Incesso P. и коллеги исследовали природу образования кристаллов в сыре. Они изучали химический состав и строение различных типов макрочастиц (пятнышек, пятен) и микрочастиц (микрористаллов), присутствующих в твердых сырах. Световая микроскопия показала, что мелкие твердые пятнышки имеют структуру кристаллического тирозина, что подтверждается аминокислотным анализом. Пятна имели сложную структуру, включающую несколько гранул сырного зерна, полости и микрористаллы, и были разграничены плотным белковым слоем. Пятна содержали меньше влаги и золы, чем прилегающая область сыра, и больше белка, в том числе значительно более высокое содержание аминокислот: валина, метионина, изолейцина, лейцина, тирозина и фенилаланина. Кристаллы фосфата кальция, по их предположению состоят из центральной звездообразной структуры, погруженной в матрицу свободных жирных кислот, а также лейцина и фенилаланина в свободной форме или в небольших пептидах.

Bianchi A., Agarwal S. и другие исследователи выяснили, что увеличение концентрации растворенных веществ (соли, ионов, свободных аминокислот) в водной фазе сыра может привести к явлениям агрегации и кристаллизации, которые приводят к различным типам структур внутри и на поверхности различных сортов сыра.

Bottazzi V., Tansman G. F. и их коллеги идентифицировали пятнышки в сверхтвердых сырах как кристаллы тирозина. Пятна шаровидной формы, бледнее, чем у сыра, и могут достигать 4–5 мм. Они кажутся аморфными и более твердыми по отношению к окружающей сырной матрице, и становятся видимыми через 10–12 месяцев после созревания. Помимо пятен, очень твердые сыры содержат микроскопические кристаллы.

Специалисты компании АлтаЛакт внимательно изучили данные о природе кристаллов в твердых сырах и причины их возникновения, а также особенности изготовления твердого сыра из пастеризованного молока в сравнении с сыром из сырого молока. Мы готовы поделиться с сыроделами, технологами предприятий приемами, которые позволят получить твердый сыр с заданными характеристиками. ■