УДК 637.3

А.Н. Капленко, И.А. Евдокимов, Н.Н. Капленко, О.И. Егоров

ТЕРМИЗАЦИЯ МОЛОКА В ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ С ЧЕДДЕРИЗАЦИЕЙ И ПЛАВЛЕНИЕМ МАССЫ

Впервые представлена слоистость сыра через показатель анизотропности структуры. Рассмотрены теоретические основы производства сыров с чеддеризацией и плавлением массы. Изучено влияние термизации и пастеризации молока на технологические параметры производства и структурно-механические характеристики свежего сыра. Реологические показатели сыров с чеддеризацией и плавлением массы определены методом зондирования на реоконсистометре. Установлено, что в контрольных образцах за счет частичной денатурации сывороточных белков повышаются гидрофильные свойства сырной массы. Данный эффект подтверждается снижением скорости диффузии соли. Использование термизированного молока позволяет получать стандартный и безопасный в микробиологическом отношении свежий сыр с чеддеризацией и плавлением массы.

Термизация, пастеризация, чеддеризация, плавление, анизотропность.

Введение

Сыры с чеддеризацией и плавлением массы в силу своих технологических особенностей весьма популярны среди производителей. В этой связи их в больших объемах выпускают как крупные сыродельные заводы, так и малые сыроварни, рассчитанные на единовременную переработку не более 1000 литров молока в сутки. Освоение технологии не требует больших капитальных затрат и дорогостоящего оборудования.

Тем не менее, как показала практика, качественный и, следовательно, востребованный на рынке сыр можно будет вырабатывать из сыропригодного молока, соответствующего самым высоким требованиям. Одним из показателей доброкачественного молока является его термоустойчивость, то есть способность противостоять температуре пастеризации без нарушения структуры белков. В сыродельной практике общепринятыми режимами пастеризации является температура 72–74 °С с выдержкой 15–20 с. Превышение этих параметров чревато ухудшением сычужной свертываемости молока за счет частичной денатурации сывороточных белков, в особенности β-лактоглобулина, которые начинают образовывать комплексы с к-казеином, что впоследствии оказывает негативное влияние на процесс сычужного свертывания [1, 2]. Кроме того, повышение температуры пастеризации и продолжительности выдержки смеси за счет вышеуказанных причин вызывает возникновение такого порока консистенции в готовом продукте, как рыхлая структура и недостаточная связанность сырного теста. Такие сыры, как правило, имеют повышенную влажность, что создает предпосылки для более активного развития остаточной микрофлоры, в основном молочнокислых бактерий. В результате сыры в процессе хранения приобретают излишне кислый вкус и мажущуюся консистенцию. Иными словами, наряду с ухудшением качественных показателей происходит резкое снижение их хранимоспособности. Причиной такого явления также является комплексообразование казеина с сывороточными белками, повышение гидрофильности и уменьшение пластических свойств сырной массы. Последнее особенно хорошо видно при проведении пробы на плавление, когда длина сырных нитей существенно уменьшается по сравнению с таким же показателем для сырной массы, выработанной из молока, пастеризованного при щадящих режимах.

В то же время снижение температуры пастеризации или экспозиции не обеспечивает должного бактериостатического эффекта от тепловой обработки и, как следствие, может вызвать наличие в сыре посторонней микрофлоры. Имеются опасения, что готовый продукт не будет соответствовать требованиям безопасности.

Таким образом, подготовка молока для выработки сыров с чеддеризацией и плавлением массы ведется по общепринятым в сыроделии режимам и не имеет существенных различий. Безусловно, этот тезис справедлив для современных предприятий, оснащенных автоматизированными пастеризационно-охладительными установками. Гораздо сложнее ситуация обстоит на небольших, так называемых фермерских сыроварнях, где имеется в наличии и используется в основном емкостное, зачастую приспособленное оборудование. Пастеризация молока в таких условиях представляет большую проблему, так как нагрев до 72–74 °С и последующее длительное охлаждение путем подачи в межстенное пространство водопроводной или родниковой воды вызывает неконтролируемые денатурационные изменения белков, оказывающие негативное влияние как на технологический процесс, так и на качество сыра.

В настоящее время при производстве целого ряда молочных продуктов довольно широко используется процесс термизации молока. Как показали исследования [3], снижение температуры нагрева и увеличение экспозиции позволяет минимизировать деструктивное воздействие на белки и при этом получать безопасный с микробиологической точки зрения продукт. Оптимальными режимами термизации, по данным автора, являются температура 60–65 °С и выдержка 20–30 мин.

Объекты и методы исследований

В качестве объектов исследований были использованы:

– молоко цельное, соответствующее требованиям ФЗ № 88 «Технический регламент на молоко и молочную продукцию»;

– закваска прямого внесения ТМ 81 (Даниско), состоящая из невязких штаммов *Str. Thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в соотношении 1:1.

При проведении экспериментальных исследований были использованы методы определения следующих показателей:

– температуры – термометрически, термометр в оправе по ГОСТ 9177-74;

– массовой доли сухих веществ – рефрактометрически на рефрактометре RL-2;

– массовой доли жира – кислотным методом Гербера по ГОСТ 5867-90;

– массовой доли белка – методом Кьельдаля;

– титруемой кислотности – титриметрическим методом по ГОСТ 3624-92;

– активной кислотности – потенциометрическим методом по ГОСТ 26781-85 на pH-метре pH-150;

– плотности – ареометрическим методом по ГОСТ 3625-84.

Результаты и их обсуждение

Целью настоящей работы являлся сравнительный анализ параметров технологического процесса выработки сыра сулугуни из молока, соответственно, по вариантам 1 (опыт) – термизированного (65 °С, 30 мин) и 2 (контроль) – пастеризованного (72–74 °С, 15–20 с). Данные по химическому составу молока, использованного при проведении экспериментов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав молока

№	Показатель	Ед. изм.	Ср. значение	Колебания
1	Титруемая кислотность	°Т	17	±0,65
2	Активная кислотность	pH	6,65	±0,03
3	Массовая доля жира	%	3,65	±0,15
4	Плотность при 20 °С	кг/м^3	1030	±0,005
5	Массовая доля белка, в том числе казеина	%	3,12 2,75	±0,11 ±0,18

Приведенные данные свидетельствуют о том, что для выработок сыра использовалось молоко с нормальным химическим составом. Опытные выработки сыров производились из зрелого молока. Основные параметры технологического процесса приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные показатели технологического процесса ($p \geq 0,95$, $n = 3$)

Показатель	Ед. изм.	Варианты	
		1	2
Массовая доля жира	%	2,8	2,8
Титруемая кислотность исходной смеси	°Т	17,5	17,5
Дозировка закваски	%	По прописи фирмы-изготовителя	
Температура активизации смеси	°С	10	10
Продолжительность активизации смеси	ч	16	16
Титруемая кислотность после активизации	°Т	18,8	18,2
Температура свертывания	°С	32	32
Дозировка $CaCl_2$	г/100 кг	40	40
Дозировка фермента	г/100 кг	0,9	0,9
Продолжительность свертывания	мин	28	34
Продолжительность постановки зерна	мин	12	15
Температура второго нагревания	°С	35	35
Титруемая кислотность сыворотки: – после разрезки – в конце обработки – в конце чеддеризации	°Т	 15,5 16,5 65	 14 14,5 65
Условия чеддеризации		75 % времени в пласте под слоем сыворотки	
Продолжительность чеддеризации	мин	130	170
Кислотность пласта в конце чеддеризации	pH	5,1	5,1
Температура воды для плавления	°С	75	75
Продолжительность охлаждения	ч	16	16
Продолжительность посолки	ч	24	24

Анализ приведенных данных в табл. 2 свидетельствует в пользу использования термизированного молока в производстве сыров с чеддеризацией и плавлением массы. В целом динамика молочнокислого процесса была более интенсивной в образцах варианта 1, что положительно отразилось как на процессе получения и обработки сырного зерна, так и на продолжительности чеддеризации. По всей видимости, термизация не оказала существенного негативного воздействия на сыропригодность исходного молока. Так, в варианте 1 при прочих равных условиях, в частности дозировки закваски, отмечалась более высокая титруемая кислотность смеси после активизации в течение 16 ч. Это в свою очередь способствовало сокращению продолжительности сычужного свертывания с получением более плотного и в то же время эластичного сгустка. После разрезки сырное зерно было достаточно упругим и лучше от-

давало сыворотку как при обработке в ванне, так и во время чеддеризации, которая завершилась на 40 мин раньше. При проведении водной пробы на плавление при 75 °С опытные образцы сырной массы образовывали более длинные (на 30–60 см) нити. Это в свою очередь способствовало получению сыра с развитой слоистостью, которая сохранялась практически в течение всего срока хранения. Следует отметить, что опытные образцы характеризовались более эластичной, типичной для сыров данной группы консистенцией. В свою очередь контрольные сыры отличались заметно менее выраженной слоистостью за счет рыхловатой, недостаточно связанной структуры. Безусловно, что слоистость является субъективным показателем, однако на фоне контрольных опытные образцы явно выигрывали именно за счет структуры сырного теста, неизменно получая более высокие баллы по показателю «консистенция». С учетом современных гастрономических пристрастий у потребителей большим спросом пользуются сыры типа косичек, прядей и рулетов всевозможной формы. В этой связи для производства этих изделий, являющихся по существу производными сыра сулугуни, исходная сырная масса, способная образовывать длинные нити и с развитой слоистостью, более предпочтительна по сравнению с продуктом, обладающим такими свойствами в меньшей степени.

Слоистость сыра можно охарактеризовать через показатель анизотропности его структуры, которая может быть описана следующим образом. Допустим *X* и *У* – главные оси анизотропности сыра, где *X* – ось, вдоль которой развернуты молекулы казеиновых мицелл; *У* – перпендикулярная ей ось продукта.

Измерение реологических показателей методом зондирования проводили на реоконсистометре ВНИИМС, используя в качестве индентора стальной шарик диаметром 0,016 м. Скорость движения шарика через массу испытуемых образцов сыра была постоянной и равной 60 мм/мин. Перед измерениями образцы сыра термостатировали при температуре (20±1) °С, при которой и проводили измерения. Силу сопротивления *Ps* определяли в момент погружения индентора на глубину 15 мм. Такая глубина погружения соответствовала центральной части образца, где краевые эффекты влияния не оказывают.

Динамическое предельное давление рассчитывали как отношение силы сопротивления при стационарном течении к площади поверхности полусферы (шарового индентора):

$$\Theta = \frac{P_S}{2\pi r^2},$$

где Θ – динамическое предельное давление, кПа; *Ps* – сила сопротивления при стационарном течении, Н; *r* – радиус шарика, м.

Пусть предельное значение *Px* < *Py*. Обозначим через *Axy* – функцию, описывающую анизотропность сыра.

$$A_{xy} = f(P_x, P_y). \quad (1)$$

Минимальное значение анизотропности наступает при:

$$P_x = P_y = P. \quad (2)$$

Положим, что в этом случае $(A_{xy})\min = 0$. Максимальное значение анизотропности должно быть равно 1. С точки зрения здравого смысла такое состояние наступает при *Px* << *Py*. В пределе положим:

$$P_x = 0, \quad P_y = P, \quad A_{xy} = 1. \quad (3)$$

Условиям (2) и (3) одновременно удовлетворяет следующий вид функции A_{xy}:

$$A_{xy} = \frac{\sqrt{(P_x - P_{cp})^2 + (P_y - P_{cp})^2}}{P_{cp}}, \quad (4)$$

где

$$P_{cp} = \frac{P_x + P_y}{2}. \quad (5)$$

Действительно, для условия (2)

$$A_{xy} = (A_{xy})_{\min} = \frac{\sqrt{(P - P_{cp})^2 + (P - P_{cp})^2}}{P_{cp}} = 0,$$

так как $P_{cp} = \frac{P + P}{2} = P.$

Для условия (3) $P_{cp} = \frac{P}{2}$, откуда

$$A_{xy} = (A_{xy})_{\max} = \frac{\sqrt{\left(0 - \frac{P}{2}\right)^2 + \left(P - \frac{P}{2}\right)^2}}{\frac{1}{2}P} = \frac{\sqrt{\frac{P^2}{4}}}{\frac{P}{2}} = 1.$$

Для свежеприготовленного (возраст – 1 сутки) сыра значения A_{xy} колеблются в диапазоне 0,44–0,52. В рассматриваемом случае верхние значения, как правило, характерны для сыров, приготовленных из термизированного молока, нижние – соответственно из пастеризованного. Эта тенденция сохраняется и при хранении, несмотря на то, что численные значения *Px* и *Py* плавно снижаются и постепенно достигают нулевых значений. Как и следовало ожидать, независимо от температуры в сырах второго варианта слоистость исчезала гораздо раньше.

Несмотря на некоторые различия по органолептическим показателям, представленные образцы сыров, оцениваемых по критериям для сыра сулугуни, были признаны стандартными и отвечающими всем требованиям.

Исследование микробиологических показателей позволило установить, что сыры обоих вариантов после посолки не имели существенных отличий по количеству микрофлоры, содержание которой варьировало в пределах 2,3–2,5·10^9 КОЕ/г. Вся обнаруженная микрофлора была идентифицирована как молочнокислая.

Исследования химического состава показали, что в контроле содержалось на 0,7–0,8 % больше влаги, что благоприятно отразилось на выходе готового продукта из единицы сырья и оценивается как позитивный момент. С точки зрения идентичности сыра приходится считаться с описанными выше проблемами. Кроме того, после односуточной посолки в рассоле контрольные сыры содержали в среднем на 0,4 % меньше поваренной соли. По всей видимости, в контрольных образцах за счет частичной денатурации сывороточных белков имело место повышение гидрофильных свойств сырной массы, что и вызвало снижение скорости диффузии соли.

В целом полученные данные позволили сделать вывод, что использование термизированного молока позволяет получить стандартный по всем параметрам и безопасный в микробиологическом отношении свежий сыр с чеддеризацией и плавлением массы (сулугуни). С точки зрения получения свежего сыра типа сулугуни с характерными структурно-механическими свойствами более предпочтительной является температура 65 °С с выдержкой 30 мин.

Список литературы

1. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты /А.В. Гудков; под ред. С.А. Гудкова. – М.: Дели Принт, 2004. – 804 с.

2. Мироненко, И.М. Особенности процессов подготовки молока к сычужному свертыванию / И.М. Мироненко // Сыроделие и маслоделие. – 2012. – № 3. – С. 35.

3. Горбатова, К.К. Химия и физика белков молока / К.К. Горбатова. – М.: Колос, 1993.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
355029, Россия, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2.
Тел.: (8652) 23-39-43
e-mail: info@ncstu.ru

SUMMARY

A.N. Kaplenko, I.A. Evdokimov, N.N. Kaplenko, O.I. Egorov

THERMIZATION OF MILK IN CHEESE MANUFACTURING WITH CHEDDARING AND COOKING OF CURD

The layering of cheese is presented for the first time with the use of the structure anisotropy index. Consideration is given to the cheese manufacturing involving cheddaring and melting of curd. The influence of milk thermization and pasteurization on technological parameters of production and structural and mechanical properties of fresh cheese is studied. Rheological indices of cheeses with cheddaring and cooking of curd are measured by the method of sounding with use of the consistometer. It has been proved, that hydrophilous properties of cheese mass are intensified in control samples due to partial denaturation of whey proteins. This effect is confirmed by the slow rate of salt diffusion. Application of milk thermization allows the production of fresh cheese to meet high hygienic and microbiological safety standards.

Thermization, pasteurization, cheddaring, cooking, anisotropy.

North Caucasian Federal University,
Kulakova 2, Stavropol, 355029, Russia.
Phone: +7(8652) 23-39-43
e-mail: info@ncstu.ru