

УДК 637.3

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЫЧУЖНОЙ КОАГУЛЯЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ, ВЫРАБАТЫВАЕМЫХ С УЧАСТИЕМ ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

¹Заболоцкая Т.А., аспирант, ²Давыдова Е.А., канд. техн. наук

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск

²УО «Белорусский государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и управлению качеством», г. Минск

В статье описано влияние параметров сычужной коагуляции белков молока и обработки сгустка на показатели pH и массовую долю влаги сыров, вырабатываемых при низких температурах второго нагревания, с участием пропионовокислых бактерий.

This article describes the influence of parameters rennet coagulation of milk proteins and processing clot on the pH and the mass fraction of moisture cheeses produced at low temperatures the second heat, with the participation of propionic acid bacteria.

Ключевые слова: сыр, сычужная коагуляция, синерезис, температура второго нагревания, пропионовокислые бактерии.

В Республике Беларусь уже более 10 лет назад налажено производство сыров, вырабатываемых с участием пропионовокислых бактерий. Эти микроорганизмы вносятся с заквасочными культурами и вызывают пропионовокислое брожение, в результате которого в сырах формируется специфический вкус и аромата, описываемый в литературе как «сладкий» и «ореховый», а также рисунок в виде крупных глазков [1,2,3].

Пропионовокислые бактерии чувствительны к соли, растут при pH от 6 до 7 (максимум 8,5, минимум 4,6). Оптимальная температура роста – 30 °С, минимальная – 14 °С [1]. При производстве сыров пропионовокислые бактерии начинают развиваться в камере созревания при температурах (22-24) °С, что является необходимым для достижения определенных сенсорных характеристик. Пропионовокислые бактерии не обладают кислотообразующей способностью и не оказывают влияние на процессы свертывания молока и обработки сгустка.

Для формирования характерного рисунка и консистенции сыров, вырабатываемых при участии пропионовокислых бактерий, определяющим фактором является эластичная структура сырного теста. Его механические свойства определяются взаимодействием между минеральными веществами, водой и белками молока при определенном уровне pH. Исследованиями установлено [1, 5], что при производстве сыров с участием пропионовокислых бактерий при высоких температурах второго нагревания, оптимальным pH для формирования требуемого рисунка является предел от 5,15 до 5,5 и массовой доли влаги после прессования в пределах (43-43,5) %.

Таким образом, технология производства сыров, вырабатываемых при участии пропионовокислых бактерий, должна обеспечивать такие параметры сычужной коагуляции, которые способствуют оптимальному уровню pH сыра и массовой доли влаги после прессования, поскольку этот фактор определяет как накопление определенных вкусоароматических соединений, так и формирование консистенции и структуры сырного теста, требуемой для образования рисунка в виде крупных глазков [1,2].

Следует отметить, что большинство исследователей рассматривают процессы, протекающие в сырах, вырабатываемых при участии пропионовокислых бактерий, при их производстве с использованием высоких температур второго нагревания. Процессы, протекающие при производстве сыров такого типа с низкой температурой второго нагревания, недостаточно хорошо изучены.

Целью данной работы явилось изучение процессов коагуляции белков молока при производстве сыров, вырабатываемых с участием пропионовокислых бактерий при низких температурах второго нагревания и определение их оптимальных значений.

В работе изучали влияние параметров сычужной коагуляции белков молока на показатели такие показатели готового продукта, как массовая доля влаги и pH сыра после прессования.

Наиболее важными технологическими факторами сычужной коагуляции белков молока, определяющими качество сыра являются:

- температура свертывания (X1), °С;
- продолжительность коагуляции (X2), мин;

— температура второго нагревания (X3), °C.

Факторами отклика при изучении процесса сычужной коагуляции белков молока являются:

— массовая доля влаги в сыре после прессования (Y1), %;

— pH сыра после прессования (Y2).

При производстве сыров применяли закваски глубокой заморозки прямого внесения датской фирмы Cr. Hansen. В качестве основной закваски использовали CHN-19 (*Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *Leuconostoc*, *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. Lactis biovar diacetilactis*), дополнительной – PS-4 (*Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermani*).

В качестве красителя при производстве сыра использовали препарат «Annato WS», производства фирмы CSK FoodEnrichment» (Нидерланды), представляющий собой пигмент 1,4 % норбиксина. Краситель вносили в молоко в количестве 9,5 г на 1 т молока в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя.

Для восстановления минерального состава молока и улучшения процесса сычужного свертывания использовали жидкий кальций хлористый высокой очистки, получаемый по импорту и разрешенный к применению в производстве пищевых продуктов.

Для предотвращения позднего вспучивания сыра использовали препарат, представляющий собой жидкий лизоцим «Liquid clerisima», производства фирмы «Crerici srl», Италия. Препарат вносили в молоко в количестве 110 г на 1 т молока на соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя.

Для свертывания молока использовали ферментный препарат, содержащий 100 % химозин СНУ-МАХ™, производства датской фирмы Cr. Hansen.

Сыры изготавливали в производственных условиях с массовой долей жира в сухом веществе 45 %. Все операции, связанные с подготовкой молока, нормализацией, пастеризацией и процессами коагуляции осуществляли в соответствии с требованиями, изложенными в общей части базовой технологической инструкции по изготовлению сыров, утвержденной УП «БЕЛНИКТИММП» 25.07.2003 г.

Активизацию заквасок в сыроизготовителе осуществляли в течение 30 минут, вносили молокосвертывающий фермент в количестве, обеспечивающем требуемое время коагуляции белков молока согласно плану эксперимента и оставляли в покое для свертывания. Сгусток резали на кубики стороной 5-7 мм, после постановки зерна удаляли 40 % выделившейся сыворотки и вносили 20 % технологической воды. Далее осуществляли второе нагревание при температурах согласно плану эксперимента, формование сырного зерна осуществляли из пласта.

Для проведения исследований было проведено планирование эксперимента. В работе было использовано ротатабельное центрально-композиционное планирование второго порядка. «Звездное плечо» было установлено в соответствии с теорией планирования эксперимента.

Условия планирования и уровни варьирования факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Условия планирования эксперимента

Уровни варьирования факторов	Исследуемый показатель		
	X1, °C	X2, мин	X3, °C
Нижний	28	20	34
Основной	30	30	37
Верхний	32	40	40
Интервал варьирования	2	10	3

В соответствии с основными характеристиками исследуемых факторов была сгенерирована матрица плана эксперимента, которая представлена в табл. 2 для одной повторности опытов. В соответствии с матрицей планирования эксперимента были проведены исследования в трех повторностях.

Влияние изучаемых факторов на массовую долю влаги в сыре после пресса описывается следующей математической зависимостью ($R^2 = 94,5$):

$$Y1 = 68,0867 + 4,7557 * X1 + 0,097 * X2 - 4,9442 * X3 - 0,0766 * X1^2 + 0,06 * X3^2 \quad (1)$$

Результаты эксперимента показали, что все исследуемые технологические факторы оказывают влияние на массовую долю влаги в сыре после пресса и являются значимыми. Наиболее сильное влияние на скорость синерезиса оказывает такой фактор, как температура второго нагревания (X3). Наименее значимым фактором, оказывающим влияние на массовую долю влаги является температура свертывания (X1).

Влияние температуры второго нагревания на pH сыра после прессования отражено на рис. 1.

Таблиця 2 – Матриця планування експеримента

№ опыта в одной повторности	Исследуемые факторы					
	X1, °C		X2, мин		X3, °C	
	кодированное значение	значение показателя	кодированное значение	значение показателя	кодированное значение	значение показателя
1	-1	28	-1	34	-1	34
2	+1	32	-1	34	-1	34
3	-1	28	+1	34	-1	34
4	+1	32	+1	34	-1	34
5	-1	28	-1	40	+1	40
6	+1	23	-1	40	+1	40
7	-1	28	+1	40	+1	40
8	+1	32	+1	40	+1	40
9	- α	26,6364	0	30	0	37
10	+ α	33,3636	0	30	0	37
11	0	30	- α	13,1821	0	37
12	0	30	+ α	46,8179	0	37
13	0	30	0	30	- α	31,9546
14	0	30	0	30	+ α	42,0454
15	0	30	0	30	0	37
16	0	30	0	30	0	37

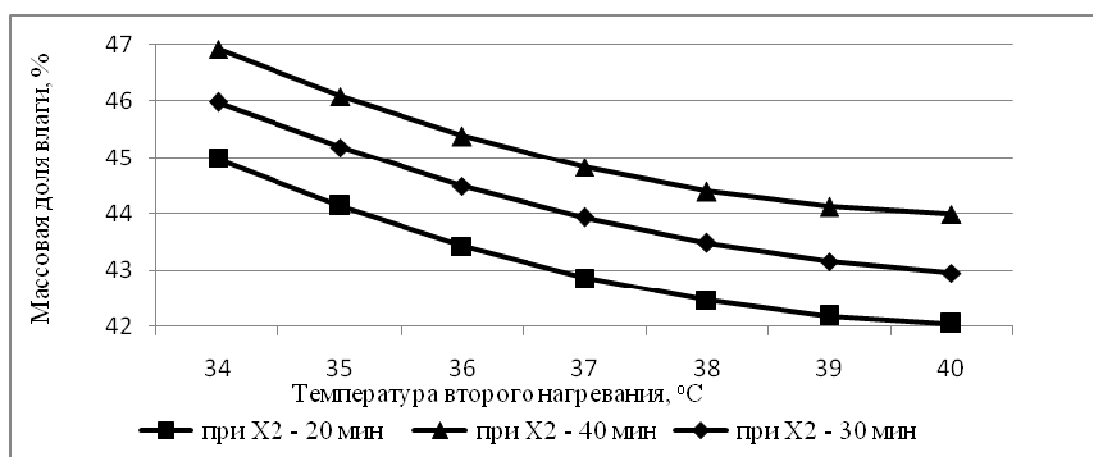


Рис. 1 – Влияние температуры второго нагревания на pH сыра после прессование

Известно, что цель второго нагревания – усиление выделения сыворотки и создание условий для регулирования развития молочнокислой микрофлоры. Чем выше температура второго нагревания, тем больше выделяется сыворотки и тем меньше влаги в сыре. От температуры второго нагревания зависит также качественный и количественный состав микрофлоры.

При выработке сыров с низкой температурой второго нагревания [8] оптимальной является температура 35-36 °C, которая является максимальной или немного превышающей максимальные температуры роста и кислотообразующей способности мезофильных лактококков. За рубежом второе нагревание проводят при температуре 35°C, т.е. достаточно благоприятной для кислотообразования и накопления биомассы всех лактококков. Однако, в отечественных условиях при выработке сыров в связи с невысоким содержанием казеина для достижения необходимой степени синерезиса сгустка ее часто повышают до 38-42 °C [8]. Такие температуры слишком высоки для импортных заквасок, используемых при производстве сыра, что негативно сказывается на качестве сыра.

Следует отметить, что усилить синерезис сгустка можно увеличив дозу молокосвертывающего фермента и сократив тем самым время коагуляции белков молока. Таким приемом традиционно сыродельные предприятия не пользовались, поскольку увеличение количества сычужного фермента приводило к

появлению выраженной горечи в готовых сырах. При использовании импортных молокосвертывающих ферментных препаратов высокой степени очистки, таких пороков сыра можно избежать.

Несмотря на то, что температура свертывания оказывает наименьшее влияние на показатель массовой доли влаги в сыре после прессования, эксперимент показал, что увеличение разницы между температурой свертывания и второго нагревания приводит к интенсификации синерезиса сгустка.

Таким образом, при использовании температуры второго нагревания 36-36,5 °С для достижения массовой доли влаги после прессования не выше 43 % необходимо устанавливать продолжительность свертывания таким образом, чтобы она не превышала 20-25 мин, а температуру свертывания – 28 °С.

В ходе исследований установлено, что на рН в сыре после пресса наибольшее значение оказывает температура второго нагревания (X3), наименее значимый фактор - температура свертывания (X1). Продолжительность коагуляции (X2) на рН в сыре после пресса влияния не оказывает.

Влияние изучаемых факторов на рН в сыре после пресса описывается следующей математической зависимостью ($R^2 = 92,55$):

$$Y2 = -2,4238 + 0,4572 * X1 + 0,0269 * X3 - 0,0075 * X1^2 \quad (2)$$

Влияние температуры второго нагревания на рН сыра после прессования показано на рис. 2.

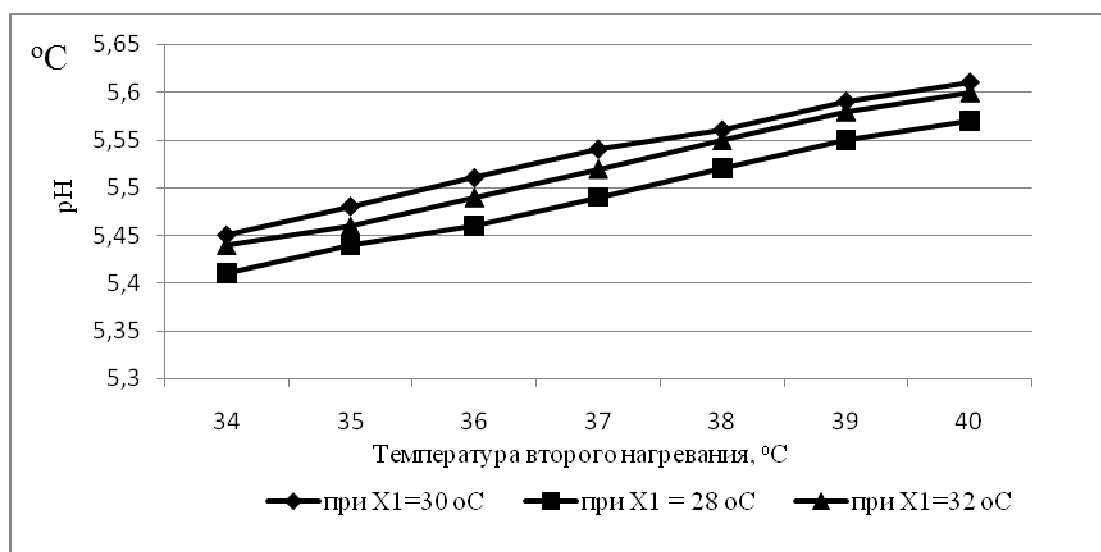


Рис. 2 – Влияние температуры второго нагревания на рН сыра после прессования

Результаты эксперимента показали, что используя температурные режимы, установленные выше для достижения стандартной массовой доли влаги в сыре при использовании температуры второго нагревания 36-36,5 °С можно достичь требуемой кислотности: рН сыра после пресса составляет 5,47-5,48.

Оценка качества готовых сыров, выработанных с использованием таких технологических режимов, показывает, что продукт обладает стандартными физико-химическими показателями, высокими органолептическими показателями, появление горечи в процессе созревания и хранения отсутствует.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что на массовую долю влаги после прессования оказывают влияние все в эксперименте все факторы, в тоже время на рН в сыре такой фактор продолжительность коагуляции не оказывает существенного влияния. Наиболее значимым параметром коагуляции белков молока является температура второго нагревания.

Установлены математические зависимости, описывающие влияние параметров сычужной коагуляции молока и обработки сгустка при низких температурах второго нагревания на массовую долю влаги и рН сыра, вырабатываемого при с низкой температурой второго нагревания при участии пропионовых кислотных бактерий.

Определены параметры коагуляции белков молока, позволяющие получить требуемые массовую долю влаги и рН в сыре после прессования при температурах второго нагревания, не превышающих 36-36,5 °С: продолжительность свертывания молока – 20-22 мин, температура свертывания – 28 °С. Готовые сыры, выработанные с использованием таких технологических режимов обладают стандартными физико-химическими показателями, высокими органолептическими показателями, появление горечи в процессе созревания и хранения не наблюдается.

Литература

1. Noël, Y. Eye formation and Swiss-type cheeses / Y. Noël, P. Boyaval, A. Thierry, V. Gagnaire, R. Grappin // *Technology of cheesemaking* / B.A. Law (Ed.). – Sheffield: Sheffield Academic press. 2010. – P. 360-384.
2. Lawlor, J.B. Swiss-type and Swiss-Cheddar hybrid-type cheeses: effects of manufacture on sensory character and relationships between the sensory attributes and volatile compounds and gross compositional constituents / J.B. Lawlor, C.M. Delahunty, M.G. Wilkinson, J. Sheehan // *Int. J. Dairy Technol.* 2003. – V. 53. – P. 39-51.
3. Fox, P.F. Cheese: chemistry, physics and microbiology / P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, T.M. Cogan, T.P. Guine. – 3-rd edn. – Amsterdam: Elsevier, 2004. – Vol. 2. – P. 142-156.
4. Piveteau, P. Inability of dairy propionibacteria to grow in milk from low inoculat / P. Piveteau, S. Condon, T.M. Cogan. – *J. Dairy Res.* 2000. – № 67. – P. 65-71.
5. Chandar, R.C. *Dairy processing & Quality assurance* / Edited by R.C. Chandar, Blackwell Publishing, 2008. – 586 p.
6. McSweeney P.L.H. *Cheese problem solved* / Edited by P.L.H. McSweeney, Woodhead Publishing Limited, 2007. – 402 p.
7. Weimer, B.C. *Improving the flavor of cheese* // Edited by B.C. Weimer, Woodhead Publishing Limited, 2007. – 580 с.
8. Гудков, А.В. Сыроделие: технологические, биологические и физико-химические аспекты / Под редакцией С.А. Гудкова, 2-е изд., испр. И доп. – М.: ДеЛипринт, 2004. – 804 с.

УДК 637.04

КОНСТРУИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БИОФЕРМЕНТИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ С ЗАДАНЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Зайцева А. Л., научный сотрудник

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск

В статье приведены данные по выявлению целевых потребителей биоферментированной продукции, определению важности предпочтений потребителей, ранжированию потребительских требований и построению «идеального профиля конструируемого продукта, моделированию рецептурных композиций по оптимальному балансу незаменимых факторов роста для бифидо- и лактобактерий, пищевой и биологической ценности, физико-химическим и органолептическим показателям.

The article provides data on the identification of target consumers biofermentation products, determination of the importance of consumer preferences, the ranking of consumer requirements and to build "ideal profile design of the product, model application prescription compositions on the optimal balance of nesamani the economic growth factors for bifido- and lactobacteria, food and biological value, physical-chemical and organoleptic indicators.

Ключевые слова: конструирование пищевых продуктов, потребительские свойства, модельные рецептуры, биоферментированные продукты.

В течение жизни на организм человека оказывает влияние множество факторов окружающей среды различной природы. Важнейшим из этих факторов является питание. Отсутствие оптимального адекватного питания является одной из основных причин возникновения дисбаланса кишечной микрофлоры, тем более, что часто такое питание происходит на фоне употребления медикаментов, воздействия алкоголя, курения. В связи с этим, несомненно актуальность представляет конструирование комбинированных биоферментированных продуктов с живыми клетками бифидо- и лактобактерий. [1].

Однако при создании таких продуктов необходимо придерживаться не только требованиям безопасности, но и исследовать и выявлять требования потребителя, как в отношении сенсорных характеристик, так и в отношении функциональной направленности.

При этом необходимо устанавливать баланс между прорывным, инновационным аспектом с одной стороны, и достаточным удовлетворением высказанных и подразумеваемых потребностей покупателей, с другой стороны. Современная стратегия создания конкурентоспособных пищевых продуктов, основан-