УДК 637.146.344:664.9.03

И.А. Смирнова, И.В. Гралевская, Е.О. Афанасьева

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА ТЕРМОСТАТНЫМ СПОСОБОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭТАПА КРАТКОСРОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ СФОРМИРОВАННОГО СГУСТКА

Изложены результаты исследований в направлении совершенствования технологии производства йогурта термостатным способом путем проведения этапа своевременного и краткосрочного охлаждения сформированных кислотных сгустков. Изучены теплофизические свойства кислотных гелей с различным химическим составом в процессе их охлаждения при варьировании температуры внешней охлаждающей среды. Разработан алгоритм выполнения последовательных действий, который позволяет точно определить продолжительность операции охлаждения кислотных сгустков до заданной температуры при известных условиях внешней среды.

Кислотный сгусток, йогурт, температура охлаждения, продолжительность охлаждения, заквасочные культуры.

Введение

Тенденция развития рынка молочных продуктов в России за последние годы сформировала и четко обозначила дефицит кисломолочных напитков с ненарушенным сгустком [1]. В условиях рыночной конкуренции спрос на кисломолочную продукцию термостатного способа производства при более высокой стоимости в сравнении с продукцией питьевого типа может обусловливаться только высокими потребительскими свойствами.

Термостатное производство имеет ряд технологических ограничений, обусловленных отсутствием инструментов регулирования процесса гелеобразования сгустков в заданных направлениях. В стационарных условиях термостатных и хладостатных камер, где осуществляется процесс производства кисломолочных продуктов с ненарушенным сгустком по традиционной технологии, крайне затруднительно оперативно и своевременно скорректировать условия скашивания молока и охлаждения сгустков.

Модернизация термостатного способа производства кисломолочных продуктов путем внедрения методов контроля технологических процессов, обеспечивающих гибкость в управлении температурно-временными режимами, позволит устранить ограничения традиционной технологии.

Объект и методы исследования

В ходе исследования решались следующие задачи:

– обосновать компонентный состав йогурта на основании анализа его органолептических и синеретических свойств;

– изучить процесс гелеобразования микрофлорой лиофилизированных DVS культур, установить оптимальный состав микрофлоры и температурные режимы операции сквашивания;

– разработать метод установления оптимальных температурно-временных режимов охлаждения кислотных сгустков и рекомендации по его применению;

– исследовать показатели качества йогурта, выработанного термостатным способом с применением этапа краткосрочного охлаждения в соответствии с установленными режимами.

На первом этапе эксперимента с целью определения оптимального компонентного состава нормализованной смеси, обеспечивающего наиболее высокие органолептические и синеретические свойства продукта, для исследований выработаны термостатным способом 16 образцов йогурта с различным содержанием молочного жира и сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО) при сохранении прочих равных условий. Опытным образцам присвоены порядковые номера согласно матрице эксперимента, указанной в табл. 1. Масса исследуемых образцов составляла 250 и 500 г.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента
по варьированию состава опытных образцов йогурта

Показатель		Массовая доля жира, %			
		0,1	2,5	4,0	6,0
Массовая доля СОМО, %	8,0	1	2	3	4
	10,0	5	6	7	8
	12,0	9	10	11	12
	14,0	13	14	15	16

Влияние массовой доли жира и массовой доли СОМО на органолептические свойства йогурта анализировали профильным методом, выражающим в баллах по 5-балльной шкале последовательно воспринимаемые ощущения внешнего вида, цвета, структуры, консистенции, вкуса, запаха и аромата для формирования полного сенсорного профиля [2]. Влияние массовой доли жира и массовой доли белка на синеретические свойства сгустка определяли путем измерения массы сформированных кислотных сгустков и выделившейся сыворотки.

Измерение температуры готового продукта в полимерной потребительской упаковке объемом 250 и 500 мл осуществлялось при помощи двухканального терморегулятора марки «2ТРМ-1» с использованием

термопар, расположенных в трех точках опытного образца (рис. 1):

– с внешней стороны потребительской упаковки (точка 1);

– с внутренней стороны тары в пристеночном слое (точка 2);

– в центре продукта (точка 3).

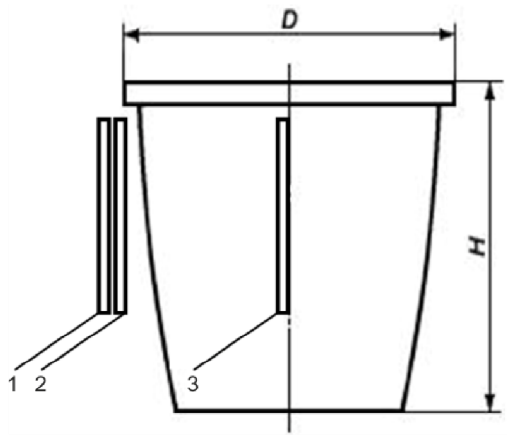

Рис. 1. Точки измерения температуры продукта с использованием термопар терморегулятора марки «2ТРМ-1»

Показания терморегулятора «2ТРМ-1» фиксировали через интервал времени $\Delta\tau$=3 мин. Анализировали изменение температуры продукта (в диапазоне от t_1 до t_2) в течение охлаждения, температуру продукта после охлаждения t_2 и продолжительность этой операции τ.

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным экспериментальным данным, определены рекомендуемые пределы варьирования состава нормализованной смеси для производства йогурта: массовой доли жира и СОМО, значения которых составили от 2,5 до 6,0 % и от 10,0 до 12,0 % соответственно.

На следующем этапе исследования рассматривалось влияние развития микрофлоры DVS культур на структурообразование кислотных гелей. В производстве кисломолочных продуктов использование различных штаммов бактериальных заквасок обусловливается требованиями к структуре сформированных сгустков, видом вырабатываемой продукции и способом ее производства. Интенсивность формирования кислотного сгустка и его влагоудерживающая способность, структурно-механические и органолептические свойства в значительной степени определяются составом микрофлоры бактериальной закваски, количеством вносимой закваски, а также условиями развития микрофлоры в течение сквашивания [3].

Характеристика используемых лиофилизированных DVS культур отражена в табл. 2.

Варьирование состава микрофлоры заквасочной культуры и температурных режимов сквашивания осуществлялось согласно матрице эксперимента, представленной в табл. 3.

Таблица 2

Характеристика исследуемых лиофилизированных DVS культур

Характеристика	Наименование заквасочной культуры		
	St-Body 3	ABT-5	YF-L811
Вид микрофлоры	*Streptococcus thermophilus*	*Streptococcus thermophilus* *Lactobacillus acidophilus* *Bifidobacterium longum*	*Streptococcus thermophilus* *Lactobacillus delbruekii* подвид *bulgaricus*
Минимальная клеточная концентрация, КОЕ/г	$1\cdot10^{10}$	$5\cdot10^{10}$	$5\cdot10^{11}$
Оптимальная температура сквашивания, ºС	37–43	37–43	37–43
Активная кислотность, pH	4,9–5,2	4,8–5,1	4,5–4,8

Таблица 3

Матрица планирования эксперимента по варьированию состава микрофлоры заквасочной культуры и температурных режимов сквашивания

Номер образца	Температура сквашивания, ºС	Заквасочная культура		
		St-Body 3	ABT-5	YF-L811
1	37–38	+		
2			+	
3				+
4		+	+	
5		+		+
6	39–40	+		
7			+	
8				+
9		+	+	
10		+		+
11	41–42	+		
12			+	
13				+
14		+	+	
15		+		+

На основании результатов анализа динамики кислотообразования в течение сквашивания при различных температурных режимах, продолжительности формирования сгустков, а также характера сформированных сгустков определены рекомендуемый к применению состав микрофлоры DVS культур и условия ее развития.

Из ряда температурных параметров, предлагаемых производителем заквасок, ферментация опытных образцов йогурта в условиях термостатной камеры при температуре 41–42 °С характеризуется оптимальной активностью кислотообразования, обеспечивает достижение сгустком титруемой кислотности 72–74 °Т по окончании 4–5 часов сквашивания при использовании комбинаций DVS культур St-Body 3+ABT-5 и St-Body 3+YF-L811 за счет увеличения в составе доли *Streptococcus thermophilus*, что может быть рекомендовано в производстве кисломолочных продуктов.

В производстве кисломолочных напитков термостатным способом основная технологическая задача сводится к поддержанию температурных режимов сквашивания и проведению своевременного охлаждения готового продукта. По окончании сквашивания необходимо немедленно охладить готовый продукт с целью предотвращения нарастания в нем титруемой кислотности. В этой связи охлаждение является одной из наиболее важных технологических операций, поскольку от своевременного его проведения и его скорости во многом зависит качество вырабатываемой продукции.

Отдельный этап выполненных исследований посвящен изучению процессов теплообмена при производстве йогурта термостатным способом. В ходе эксперимента исследованы теплофизические свойства кислотных гелей с различным химическим составом в процессе их охлаждения при варьировании температуры внешней охлаждающей среды (табл. 4).

Таблица 4

Параметры исследуемой системы

Входные параметры	Регулируемые внешние параметры	Выходные параметры
Температура сквашивания продукта, $t_1 = 40$ ºС	Температура охлаждающей среды: 1) $t_0 = 10$ ºС; 2) $t_0 = 4$ ºС; 3) $t_0 = 0$ ºС; 4) $t_0 = -10$ ºС; 5) $t_0 = -18$ ºС	Температура продукта после охлаждения, t_2
Массовая доля жира в продукте		Продолжительность операции охлаждения, τ
Массовая доля СОМО в продукте		

Полученные экспериментальные данные использовались для вычисления темпов охлаждения опытных образцов йогурта. Согласно экспериментальным данным, изменения темпов охлаждения при варьировании массы опытных образцов йогурта (250 г; 500 г) и его компонентного состава в целом незначительны, и определяющими темп охлаждения кислотных сгустков факторами являются условия внешней среды.

Результатом исследования процессов теплообмена при производстве йогурта термостатным способом стала разработка алгоритма, выполнение последовательных действий которого позволяет точно определить продолжительность операции охлаждения кислотных сгустков до заданной температуры при известных условиях внешней среды.

Установлены рекомендуемый температурный диапазон охлаждающей среды, а также диапазон времени, за которое следует охладить готовый продукт. Краткосрочное охлаждение сформированных сгустков до температуры прекращения развития молочнокислой микрофлоры 10…12 ºС предлагается проводить в хладостатной камере при температуре охлаждающей воздушной среды –10…–6 ºС в течение 60–85 мин.

Оптимальные параметры температурно-временных режимов краткосрочного охлаждения в промышленных условиях конкретного предприятия могут варьироваться в пределах обозначенного диапазона.

Исследования, проведенные на предыдущих этапах работы, являются необходимыми и вполне достаточными для усовершенствования технологии и модернизации на научной основе технологического процесса производства кисломолочных продуктов термостатным способом.

На основании полученных в ходе исследований результатов разработана технология йогурта «Классический», вырабатываемого термостатным способом с применением этапа краткосрочного охлаждения сгустка и обоснованы установленные режимы технологического процесса производства.

Технологическая блок-схема процесса производства йогурта «Классического» приведена на рис. 2.

С целью получения объективных результатов, подтверждающих эффективность применения разработанного алгоритма выбора оптимальных температурно-временных режимов охлаждения кисломолочных продуктов, проведен сравнительный анализ показателей качества опытных образцов йогурта «Классический» и контрольного образца в процессе хранения.

Опытные образцы йогурта «Классический» вырабатывали с применением рекомендуемых режимов охлаждения кислотных сгустков согласно матрице эксперимента, указанной в табл. 5. В качестве контрольного образца рассматривался йогурт, выработанный термостатным способом и охлажденный в условиях хладостатной камеры при традиционных режимах 4 ºС.

В готовых продуктах определены стандартными методами физико-химические и органолептические свойства, микробиологические показатели, проанализированы их изменения в процессе хранения для установления гарантированных сроков годности.

Согласно полученным данным, содержание санитарно-показательных и патогенных микроорганизмов в нормируемых массах продукта не обнаружено, что обусловливает высокую надежность с точки зрения безопасности всех исследуемых образцов йогурта.

Результаты дегустационного анализа отражали стабильность органолептических показателей опытных образцов йогурта «Классического» 1–6 в течение 10 суток, в отличие от показателей контрольного образца, снижение характеристик которого отмечалось на 6-е сутки хранения: слабовыраженные нечистые привкус и запах, отслоение сгустка от стенок потребительской упаковки и незначительное выделение сыворотки на поверхности продукта.

Титруемая кислотность образцов йогурта «Классический» 1–6 по окончании 10 суток хранения достигла 94 ºТ, что не превышало установленных норм для традиционных кисломолочных продуктов, и контрольного образца – 112 ºТ соответственно.

Анализ экспериментальных данных позволил установить гарантированный срок хранения при температуре (4±2) ºС в герметичной упаковке образцов йогурта «Классический» – 10 суток и контрольного образца – 5 суток.

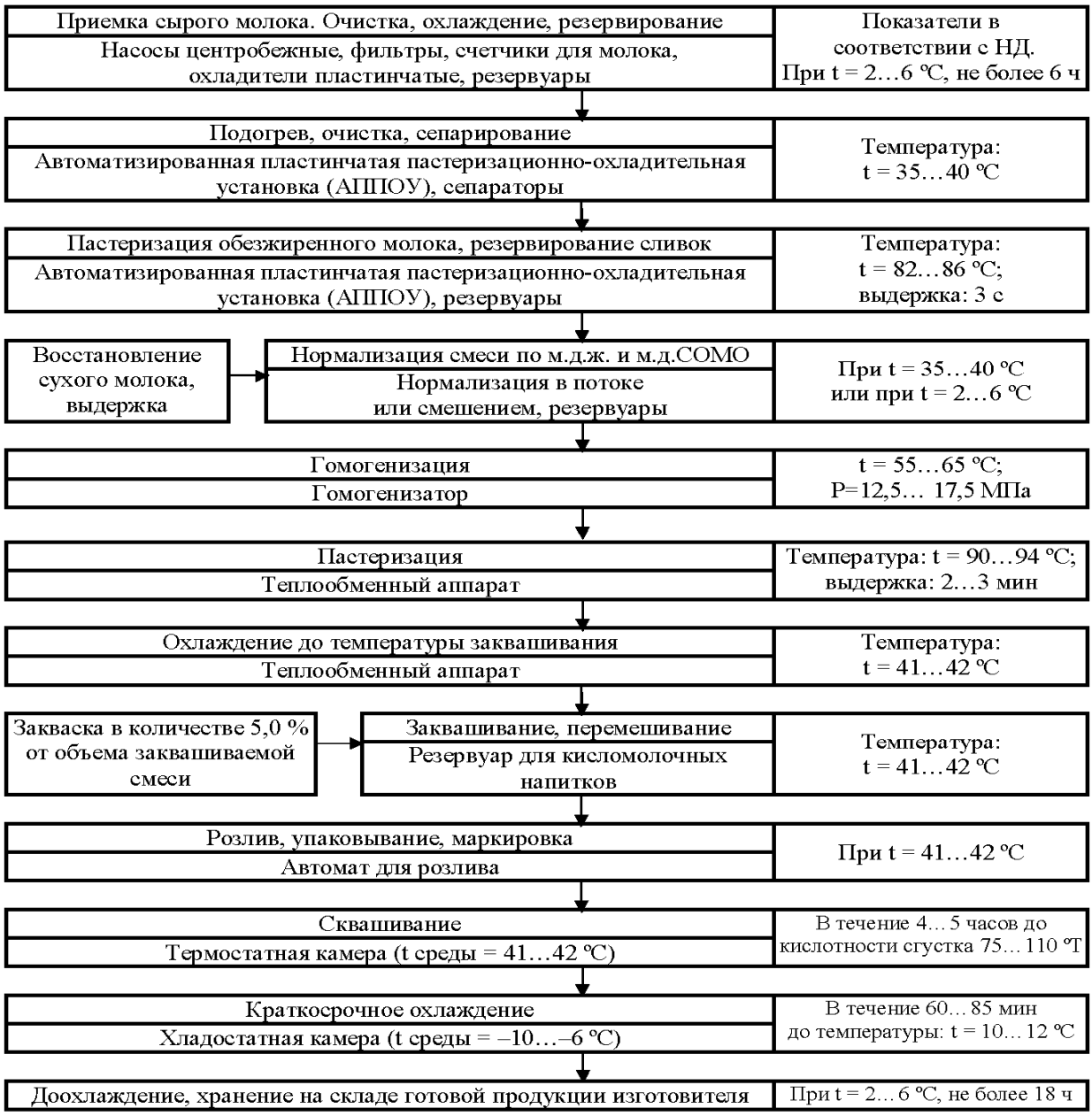

Рис. 2. Технологическая схема процесса производства йогурта «Классический» термостатным способом

Таблица 5

Матрица планирования эксперимента по варьированию режимов охлаждения йогурта «Классический»

Номер образца	Технологические параметры	Температурно-временные параметры режима охлаждения	
	требуемая температура продукта в центре упаковки, °С	продолжительность охлаждения, мин	температура охлаждающей среды, °С
1	10	84	–6,5
2	11	80	–7,0
3	12	76	–7,5
4	13	72	–8,0
5	14	66	–9,0
6	15	60	–10,0

Выводы

Полученные в ходе исследования результаты подтверждают эффективность краткосрочного охлаждения сформированных кислотных сгустков при температуре –10…–6 ºС в течение 60–85 мин, что обеспечивает своевременное прекращение развития молочнокислого брожения, предотвращает тем самым рост титруемой кислотности и образование пороков в образцах йогурта «Классический» в течение 10 суток.

Таким образом, совершенствование традиционной технологии термостатного способа производства кисломолочных продуктов осуществлено путем нормализации компонентного состава молочной смеси, подбора штаммов заквасочных культур, применения, установленных по алгоритму, температурно-временных режимов охлаждения кислотных сгустков и реализовано в разработке технологии йогурта «Классический».

Список литературы

1. Горощенко, Л.Г. Тенденции развития российского рынка молочных продуктов / Л.Г. Горощенко // Молочная промышленность. – 2009. – № 3. – С. 10–13.

2. Шидловская, В.П. Органолептические свойства кисломолочных продуктов / В.П. Шидловская // Переработка молока. – 2008. – № 1 . – С. 48–49.

3. Влияние протосимбиотических смесей чистых культур молочнокислых бактерий на формирование молочных сгустков при производстве йогуртов / Н.В. Лобуцкая и др. // Вестник Дальневосточной государственной академии экономики и управления. – 2004. – № 1. – С. 78–83.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел/факс: +7+ (3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

SUMMARY

I.A. Smirnova, I.V. Gralevskay, E.O. Afanasyeva

TECHNOLOGY OF INCUBATION METHOD OF YOGHURT PRODUCTION USING THE SHORT-TERM CLOT COOLING STAGE

The article deals with the results of researches on the improvement of yogurt production technology using the incubation method with a stage of timely and short-term cooling of the formed acid clots. Studied are the thermophysical properties of acid gels with different chemical composition in the process of their cooling at various temperatures of external cooling medium. The algorithm of successive operations that can accurately determine the time of acid clots cooling needed to achieve the desired temperature at the known conditions of external environment has been developed.

Acid clot, yogurt, cooling temperature, cooling time, starter cultures, incubation.

FSBEI HVE «Kemerovo Institute of Food Science and Technology»,
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056 Russia.
Phone/fax: +7(3842) 73-40-40,
e-mail: office@kemtipp.ru

Дата поступления: 10.04.2014