

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНОГО ЙОГУРТА

М.А. Иванова, В.С. Колодязная, В.А. Демченко, А.С. Громцев, Д. Кахаров

В настоящее время пищевая промышленность ориентирована на создание безопасных и экологических, относящихся к категории полезных продуктов питания, имеющих высокие качественные показатели. Йогурт является одним из лидеров на рынке продаж кисломолочных продуктов. Актуальность данной статьи связана с применением ультразвуковой установки на стадии подготовки молока для производства натуральных йогуртов на лиофилизированной закваске с целью улучшения органолептических и физико-химических показателей выпускаемого продукта, а также продления его срока годности. В ходе проведения исследований были подобраны наиболее оптимальные параметры работы ультразвукового генератора серии «Волна-М», такие как мощность ультразвукового излучения и время обработки сырья, позволяющие получить наилучшие результаты исследуемых показателей готового продукта. Оптимальный показатель мощности составил 700 ВА, время обработки 150 секунд. Итогом проводимых экспериментов явилось создание ресурсосберегающей экологически безопасной технологии по производству натуральных йогуртов с наложением поля ультразвука. Полученный по разработанной технологии продукт быстрее сквашивается, имеет более длительный срок хранения, улучшенные вкусо-ароматические показатели и большее количество молочнокислых бактерий в своем составе, что повышает его пользу для потребителя.

Ключевые слова: кисломолочный продукт, йогурт, ресурсосберегающая технология, ультразвуковая обработка, качество, безопасность продуктов питания, срок хранения, органолептические показатели, молочнокислые бактерии, сквашивание.

Современная тенденция на рынке пищевых продуктов сейчас такова, что большинство потребителей старается вести правильный образ жизни и заботиться о своем питании, они предпочитают покупать экологически-безопасные, низкокалорийные натуральные продукты, в т. ч. йогурты. Многие эксперты сходятся во мнении, что, с точки зрения увеличения продаж, йогурт – один из самых перспективных продуктов России. По аналитическим данным, производство йогурта за 2019 г. выросло примерно на 5 %.

В настоящее время для того, чтобы выпускать качественный продукт, который будет востребован потребителем и принесет существенные доходы производителю, необходимо применять современные технологии и оборудование. В пищевой промышленности широкое распространение получило применение ультразвуковых технологий для интенсификации различных технологических процессов, т. к. данный метод воздействия определен мировым научным сообществом как особенно перспективная технология для пищевой промышленности в целом и молочной отрасли в частности [1, 10, 2].

За счет применения ультразвука и эффектов, которые он оказывает на физико-химические процессы, происходящие в пищевой промышленности, можно добиться повышения производительности, сократить

энергозатраты, улучшить качество выпускаемой продукции, увеличить сроки хранения, а также создать новые продукты с улучшенными потребительскими свойствами.

Учеными из Южно-Уральского государственного университета проведена серия опытов, доказывающая, что применение ультразвуковых колебаний в процессе производства йогуртов повышает содержание кефирана. Суть опытов заключалась в том, что ультразвуком обрабатывали воду, затем в нее добавляли сухое молоко, далее проводили фильтрацию, гомогенизацию и пастеризацию. После этого в охлажденное до температуры заквашивания молоко вносили закваску [5].

Кефиран обладает рядом положительных свойств:

- благотворно влияет на микрофлору кишечника;
- стимулирует активность полезных микроорганизмов;
- поддерживает иммунную систему;
- обладает противомикробным и ранозаживляющими свойствами.

Как известно, в молоке жир распределен в виде жировых шариков, окруженных сложной белковой оболочкой, т. е. представляет собой эмульсию молочного жира в воде. Питательная ценность молока в значительной степени определяется размерами частиц жи-

ра в молоке, чем меньше размер жировых шариков, тем более высока питательная ценность продукта [7, 9]. При ультразвуковой обработке молока содержание витамина С в нем практически не меняется и равно 0,83 мг [3]. Количество белка в йогурте, произведенном с применением ультразвука, увеличено по сравнению с йогуртом, произведенным по традиционной технологии [8].

На базе факультета «Пищевых биотехнологий и инженерии» была создана лабораторная установка по исследованию влияния ультразвука на физико-химические показатели жидких сред (рисунок 1) [4].



1 – компьютер; 2 – прибор управления ультразвуковым генератором по месту; 3 – ультразвуковой генератор

Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

В качестве контрольно-измерительных приборов в ходе эксперимента применяли: портативный электронный рН-метр АТС, измеритель температуры «MS 6500», весы электронные «Масса ВК-1500.1» и микроскоп «Биомед-5Т». В качестве генератора ультразвука был взят ультразвуковой технологический аппарат серии «Волна-М» УЗТА-1/22-ОРв, паспортная мощность 1000 ВА, интенсивность ультразвукового воздействия не менее 15 Вт/см² [6]. Назначение данного аппарата высокоинтенсивная кавитационная ультразвуковая обработка жидких и жидкодисперсных сред в протяженных технологических объемах малого диаметра при повышенной температуре обрабатываемой среды.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения эксперимента использовали йогуртовую лиофилизированную закваску. Производитель: ФГУП «Экспериментальная биофабрика», бактериальный состав

включает в себя *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.

В качестве основного рецептурного компонента выступало молоко отборное марки «Домик в деревне».

Молоко объемом 0,3 литра начальной температурой $t_{нач.} = 13,3$ °С обрабатывали на ультразвуковой установке марки «Волна-М» используя мощность 600 ВА, 700 ВА и 800 ВА. Обработка продолжалась в течение 150 секунд, температура нагрева не превышала 38,6 °С. Контрольный образец объемом 0,3 литра нагревали в СВЧ-печи.

Данные температуры нагрева представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость температуры нагрева молока от мощности генератора ультразвука

Мощность генератора ультразвука, ВА	Время обработки, сек.	Максимальный подъем температуры, °С
600	150	37
700	150	37,6
800	150	38,6
Показатели контрольного образца		
–	60	38

После ультразвуковой обработки в молоко вносили лиофилизированную закваску в количестве 0,125 г, перемешивали до равномерного распределения по всему объему жидкости. В контрольный образец так же вносили закваску после нагрева. Все емкости помещали в йогуртницу «Moulinex DJC1» для сквашивания, которое осуществлялось при температуре 37 °С. После 11 часов сквашивания по традиционной технологии и 9 часов по технологии с применением ультразвука полученный йогурт проверяли на кислотность, а затем на КОЕ молочнокислых бактерий на 1, 3, 6 и 9 сутки. Лабораторные исследования проводились в Центре гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург.

Кислотность образцов в зависимости от срока хранения представлена в таблице 2.

Горизонтальная черта на графике является своеобразной границей, выше которой кислотность йогурта находится в допустимых пределах, а все что ниже – испорченный продукт.

Органолептические показатели полученных образцов йогурта в первые сутки рассчитаны по балльной системе и представлены в таблице 3.

**РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
НАТУРАЛЬНОГО ЙОГУРТА**

Таблица 2 – Показатели кислотности

Наименование образца	Кислотность, рН
1-е сутки	
Контрольный образец	4,2
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 600 ВА	4,3
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 700 ВА	4,4
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 800 ВА	4,2
3-и сутки	
Контрольный образец	4,1
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 600 ВА	4,2
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 700 ВА	4,3
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 800 ВА	4
6-е сутки	
Контрольный образец	4
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 600 ВА	4
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 700 ВА	4,1
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 800 ВА	3,7
9-е сутки	
Контрольный образец	3,8
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 600 ВА	3,9
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 700 ВА	3,9
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 800 ВА	3,3

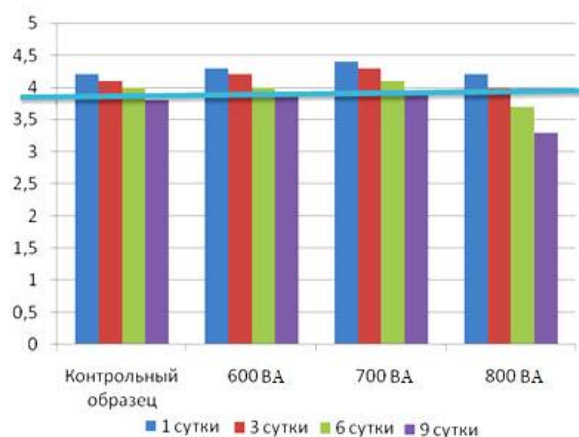


Рисунок 2 – График зависимости изменения кислотности йогурта от суток хранения

Таблица 3 – Сводная таблица балльных органолептических оценок качественных показателей образцов йогурта

Наименование образца	Наименование показателя			
	Внешний вид и консистенция	Вкус	Запах	Цвет
Контрольный образец	3	4	4	5
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 600 ВА	4	4	5	5
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 700 ВА	5	5	5	5
Йогурт, обработанный УЗВ мощностью 800 ВА	5	5	4	5

По представленным в таблице 3 данным строим номограмму органолептических показателей (рисунок 3).

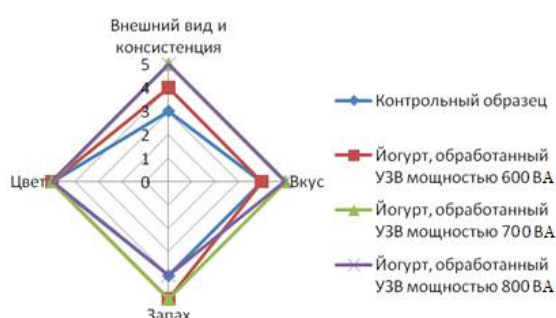


Рисунок 3 – Номограмма органолептических показателей образцов йогурта

Как видно из рисунка 3, наилучшими показателями обладают образцы йогурта, обработанные ультразвуком мощностью 700 Вт.

Срок хранения натурального йогурта, изготовленного по стандартной технологии, составляет 5 дней.

В результате проверки образцов йогурта в аккредитованном испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербург» был получен протокол лабораторных исследований данные, из которого представлены в таблице 4. Нормативные документы на методы исследований ГОСТ 33591-2016, допустимый уровень КОЕ/см³ не менее 1,0x10⁷.

Таблица 4 – Результаты исследований натурального йогурта на КОЕ/см³

Определяемые показатели	Результаты исследований
Посев 1-е сутки	
Контроль. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 600 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 700 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 800 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Посев 3-и сутки	
Контроль. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 600 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 700 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 800 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Посев 6-е сутки	
Контроль. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,0 x10 ⁷ КОЕ/см ³
Йогурт 600 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 700 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,1x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 800 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,0 x10 ⁷ КОЕ/см ³
Посев 9-е сутки	
Контроль. Количество молочнокислых микроорганизмов	0,9 x10 ⁷ КОЕ/см ³
Йогурт 600 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,0x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 700 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	1,0x10 ⁹ КОЕ/см ³
Йогурт 800 ВА. Количество молочнокислых микроорганизмов	0,8 x10 ⁷ КОЕ/см ³

Как видно из приведенной выше таблицы, применение ультразвука оказывало различное влияние на динамику жизнеспособных молочнокислых микроорганизмов, наилучшими показателями отличаются образцы продукта, подвергнутые ультразвуковому воздействию при мощности 600 ВА и 700 ВА. Как уже излагалось выше, необработанный натуральный йогурт сохраняет свои полезные свойства и пригоден к употреблению в течение 5 дней, но, как видно из таблицы 5, обработка ультразвуком позволяет увеличить срок годности как минимум до 9 дней.

Анализ представленных теоретических исследований и полученных экспериментальных данных показал, насколько эффективно применение ультразвуковой технологии при производстве натуральных йогуртов. Ультразвук не только обеззараживает исходное сырье, подавляя патогенную микрофлору, но и благотворно сказывается на последующем хранении готового продукта. Это обусловлено совокупностью механического, теплового и физико-химического воздействия, которое он оказывает на обрабатываемое сырье.

ВЫВОД

Предложена ресурсосберегающая технология и аппаратное оформление производства натуральных йогуртов за счет применения ультразвуковой обработки мощностью 700 ВА, которая позволяет повысить качество и безопасность конечного продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботвинникова, В.В. Формирование потребительских свойств кисломолочных напитков на основе эффектов ультразвука / В.В. Ботвинникова О.Н. Красуля // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2015. – Т. 3. – № 4. – С. 30–40.
2. Ботвинникова, В.В. Влияние эффектов ультразвукового воздействия на активность заквасочных культур кисломолочных напитков / В.В. Ботвинникова, О.Н. Красуля, Д.Г. Ускова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4. – № 1. – С. 71–79.
3. Обработка жидких пищевых продуктов в полях упругих волн высокой интенсивности / Ю.А. Дашковский [и др.] // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Разработка и внедрение высокоэффективного ресурсосберегающего оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевой и перерабатывающей отраслях АПК». 22–24 сентября 1991. – Киев : Изд-во. Технол. инст. пищ. пром. – 1991. – С. 150–151.
4. Иванова, М.А. Исследование влияния ультразвуковой обработки на физико-химические показатели дистиллятов растительного масла / М.А. Иванова, А.С. Громцев, В.В. Пашин // Новые технологии. – 2017. – № 1. – С. 17–23.
5. Исследование влияния акустического воздействия ультразвука на формирование потребительских свойств йогуртов / И.Ю. Потороко [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2016. – Т. 4. – № 3. – С. 13–21.
6. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве : монография

РАЗРАБОТКА РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
НАТУРАЛЬНОГО ЙОГУРТА

В.Н. Хмелев [и др.]. – Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.

7. Хмелёв, В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве : науч. монография / В.Н. Хмелёв, О.В. Попова. – Алт. гос. техн. ун-т. им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1997. – 160 с.

8. Körzendörfer, A. Manufacture of high-protein yogurt without generating acid whey – impact of the final pH and the application of power ultrasound on texture properties / A. Körzendörfer, J. Hinrichs // International Dairy Journal. – 2019.

9. Roiner, F. Ultraschalleinsatz in der Käsereitechnologie / F. Roiner // Molkerei Zrg Weltmilch. – 1992. – Т. 46. – Вып. 40. – С. 1264–1266.

10. Wu, H. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter/ H. Wu, G.J. Hulbert, J.R. Mount // Innovative Food Science & Emerging Technologies. – 2000. – 1. – P. 211–218.

Иванова Марина Александровна, доцент факультета пищевых биотехнологий

и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: mtomz85@mail.ru.

Демченко Вера Артемовна, старший преподаватель факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: dem8484@gmail.com.

Колодязная Валентина Степановна, профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: vskolodiaznaia@itmo.ru.

Громцев Александр Сергеевич, преподаватель специальных дисциплин, Колледж бизнеса и технологий, СПб ГЭУ, e-mail: aleex_g@mail.ru.

Кахаров Далер, магистр 2-го года обучения факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», e-mail: daler_-96@mail.ru.