

УДК 664.8.036.62

## Эффективность использования СВЧ-бланшировки плодов и мягкого способа пастеризации при производстве компота из груш для детского питания

Э. Ф. АЗАДОВА<sup>1</sup>, д-р техн. наук М. Э. АХМЕДОВ<sup>1,2,3</sup>, д-р техн. наук А. Ф. ДЕМИРОВА<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Дагестанский государственный технический университет

<sup>2</sup>Дагестанский государственный университет народного хозяйства

<sup>3</sup>Федеральный аграрный научный центр РД

E-mail: akhmag49@mail.ru

*Предложено техническое решение по совершенствованию технологии производства компота из груш для детского питания, на основе использования нового способа предварительной подготовки плодов, с применением электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и мягких режимов пастеризации. Обоснована эффективность использования, взамен бланширования плодов в различных технологических жидкостях, кратковременной обработки в ЭМП СВЧ непосредственно в банках после расфасовки и заливки сиропа. Для реализации данного способа разработан и использован аппарат для тепловой обработки плодоовощных консервов в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Разработаны новые режимы пастеризации компота из груши для детского питания с использованием метода пастеризации, основанного на периодическом изменении расположения наименее прогреваемой точки продукта в банке за счет периодического переворачивания банки (дном вниз и дном вверх) в процессе тепловой обработки. Данный способ обеспечивает интенсификацию процесса тепловой обработки и, как результат, приводит к сокращению продолжительности режимов пастеризации и повышению качества продукции по содержанию биологически активных компонентов. Получена математическая модель процесса СВЧ-бланшировки плодов в банках, позволяющая определить температурный уровень продукта перед герметизацией банки в зависимости от продолжительности СВЧ-обработки и мощности ЭМП СВЧ. Комплексная оценка результатов исследований позволяет сделать вывод об эффективности реализации предлагаемых технических решений при производстве консервов для детского питания, как обеспечивающих безопасность готовой продукции и повышение его качества.*

**Ключевые слова:** компот, аппарат, нагрев, качество, режим, пастеризации.

### Информация о статье:

Поступила в редакцию 30.07.2019, принята к печати 02.10.2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-71-77

Язык статьи — русский

### Для цитирования:

Азадова Э. Ф., Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф. Эффективность использования СВЧ-бланшировки плодов и мягкого способа пастеризации при производстве компота из груш для детского питания // Вестник Международной академии холода. 2019. № 4. С. 71–77.

## Efficiency of microwave blanching and mild pasteurization in production of pear compote for infant food

E. F. AZADOVA<sup>1</sup>, D. Sc. M. E. AKHMEDOV<sup>1,2,3</sup>, D. Sc. A. F. DEMIROVA<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Dagestan State Technical University

<sup>2</sup>Dagestan State University of National Economy

<sup>3</sup>Federal Agricultural Research Center RD

E-mail: akhmag49@mail.ru

*The article deals with new techniques in pear compote production for infant food based on new way of fruits' pre-treatment by electromagnetic fields of ultra-high frequency and mild pasteurization. The efficiency of short-time processing of fruits in electromagnetic field of ultra-high frequency instead of their blanching in various technological liquids is substantiated. For implementation of the technique an apparatus for heat treatment of fruit and vegetable canned food in electromagnetic fields of ultra-high frequency have been developed and used. New pasteurization modes of pear compote for infant food have been developed based on the new pasteurization method, when the location of the least heated point of the food in jar is changed periodically due to periodical turning the jar (bottom up and down) during heat treatment. The technique intensifies the heat treatment process and, therefore, reduces pasteurization time and increases the quality of the finished product in terms of the content of biologically active components. A mathematical model for microwave blanching of*

*fruits on jars is obtained, which allows determining temperature level of product before jar sealing depending on the time of treatment by electromagnetic field of ultra-high frequency and its power. Complex evaluation of the research results proves the efficiency of the proposed techniques for canned infant food production, providing both safety and quality if the finished product.*

**Keywords:** compote, apparatus, heating, quality, pasteurization mode.

#### Article info:

Received 30/07/2019, accepted 02/10/2019

DOI: 10.17586/1606-4313-2019-18-4-71-77

Article in Russian

#### For citation:

Azadova E. F., Akhmedov M. E., Demirova A. F. Efficiency of microwave blanching and mild pasteurization in production of pear compote for infant food. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2019. No 4. p. 71–77.

### Введение

Наиболее энергоемкими и одновременно существенными влияющими на качество готовой продукции процессами во всем технологическом цикле производства компота из груши для детского питания, являются процессы бланширования и заключительный, обязательный этап технологического цикла — пастеризация.

Бланширование — это процесс предварительной тепловой обработки плодов, осуществляемый с целью придания им определенной мягкости и эластичности, удаления воздуха из тканей, инактивации ферментов и т. д.

Бланширование проводят после резки и очистки плодов, перед их укладкой в банки, в воде или в 0,1% растворах виннокислотной или лимонной кислот температурой 85 °С в течение до 10 мин, при которой расходуется более 85 МДж/туб тепловой энергии и к тому же сопровождающееся выщелачиванием из плодов более 20% биологически активных веществ в процессе их нагрева и последующем охлаждении в проточной воде [1, 2].

Пастеризация является обязательным завершающим этапом при производстве консервируемых продуктов в герметически укупоренной таре [3–7], предназначенная для обеспечения промышленной стерильности и безопасности продукции.

Однако, в процессе пастеризации, в зависимости от уровня его совершенства, которая определяется продолжительностью и равномерностью тепловой обработки продукта, имеют место и нежелательные процессы, ухудшающие качество продукта, вызываемое излишним термическим воздействием на биологически активные компоненты, содержащиеся в исходном сырье.

Одновременно, процесс пастеризации является и наиболее энергоемким процессом в технологическом цикле производства, в связи с чем, изыскание способов, позволяющих оптимизировать энергетические затраты и обеспечить высокое качество продукции, является важнейшей задачей в технологии производства детского питания.

### Цели и задачи исследования

Разработка режимов пастеризации основывается на достижении промышленной стерильности продукции, находящейся в наименее прогреваемой точке банки.

Эта точка, по литературным данным [2], подтвержденным и нашими исследованиями, расположена по центру от дна банки, в зависимости от его объема на рассто-

янии: 3,0 л — 18 мм; 1,0 л — 9 мм; 0,5 л — 7 мм и 0,2 л — 5 мм.

Целью данной работы является разработка технического решения осуществления теплообменных процессов при производстве компота из груш для детского питания, основанных на использовании электромагнитного поля сверхвысокой частоты для предварительной тепловой обработки сырья непосредственно в банках, взамен бланширования в технологических жидкостях (вода; 0,1%-ные растворы виннокислотной или лимонной кислот) и нового способа осуществления пастеризации консервов, посредством периодического изменения положения наименее прогреваемой точки банок, путем их переворачивания в процессе термообработки.

Для реализации в процессе СВЧ-бланшировки плодов, был создан аппарат [8] (рис. 1), конструкция которого обеспечивает аналогичный технологический эффект, что и бланширование в воде или растворах виннокислотной или лимонной кислот температурой 85 °С в течение до 10 мин, но за короткое время и с максимальным сохранением качества готового продукта.

Процесс пастеризации предлагается осуществлять с периодическим, с интервалом в 3 мин, изменением положения банки, а именно 3 мин подвергать продукт в банке тепловой обработке в положении дном вниз и последующие 3 мин — дном вверх, и таким образом в течение всего процесса пастеризации.

Аппарат для СВЧ-бланшировки плодов в банках включает в себя корпус 1, на котором установлена камера 2 с магнетронами. Транспортирующий механизм 3 для банок состоит из двухрядной роликовтулочной цепи с закрепленными на них посредством втулок 4 столиками 6 для банок 8. Аппарат также содержит магазин для крышек 10 с устройством для их подачи 11, а также в конце камеры установлены электрические нагреватели 9 и отражатель 12 с инфракрасными лампами 13, предназначенными для нагрева и подавления жизнедеятельности микрофлоры и обеспечения стерильности крышек.

Аппарат работает следующим образом. Банки 8 с плодами после заливки сиропа транспортером 3 с приемными столиками 6 вводятся в камеру для СВЧ-обработки 2. В процессе перемещения банок, посредством упорной пластинки 5 и направляющей 7, обеспечивается вращение банок вокруг своей оси. В процессе движения банок с продуктом в СВЧ-камере продолжительностью 1,5–2,5 мин, осуществляется нагрев продукта электро-

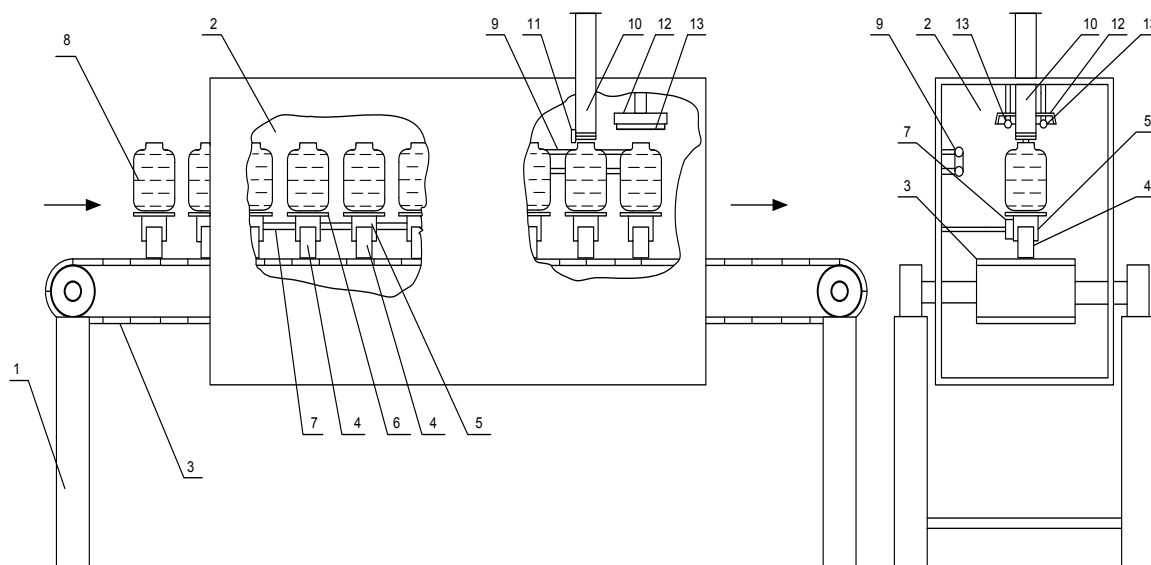


Рис. 1. Аппарат для СВЧ-бланшировки плодов в банках

Fig. 1. Apparatus of canned food pasteurization in electromagnetic field of ultra-high frequency

магнитным полем. По окончании процесса нагрева, банки накрываются крышками из магазина крышек, находящегося в конце камеры и впоследствии банки, с накрытыми крышками, переходят в зону инфракрасного нагрева крышек и далее банки сразу после выхода из камеры поступают в вакуумкупорочную машину.

Использование данного аппарата в технологической линии производства компотов для детского питания обеспечивает удаление воздуха из плодов и банки, повышение температуры продукта перед герметизацией банок до 90–92 °С, что позволяет в последующем тепловую обработку осуществлять в аппаратах открытого типа без создания в аппарате противодавления.

**Объекты и методы исследования**

В качестве объекта исследования выбран компот из груши для диетического питания и рассмотрены процессы тепловой обработки, используемые при его производстве.

Изучение теплообменных процессов при пастеризации компота из груши осуществлялось на эксперимен-

тальной установке, а СВЧ-обработка подготовленных плодов — в микроволновой.

Температуру продукта измеряли подсоединенными к самопишущему потенциометру КСП-4 хромель-копелевыми термопарами.

**Обсуждение результатов исследования**

С целью разработки математической модели, для определения температуры продукта перед герметизацией банки, учитывающей все факторы процесса, были проведены эксперименты по определению температуры продукта, в зависимости от его начальной температуры, продолжительности СВЧ-обработки и мощности ЭМП СВЧ.

Результаты, полученные в процессе нагрева плодов в банках в СВЧ-поле при разных значениях исследуемых факторов приведены в табл. 1.

На рис. 2 представлены результаты зависимости температуры продукта от времени обработки при разных режимах обработки в ЭМП СВЧ.

Экспериментальные данные, представленные в табл. 1 и на рис. 2 показывают, что в области от 60

**Результаты исследований по нагреву плодов в ЭМП СВЧ**

Таблица 1

**Data on fruit heating in electromagnetic field of ultra-high frequency**

Table 1

Наименование	Вид банки	Мощность, Вт	Время обработки, с	Температура продукта, °С	
				при СВЧ-бланшировке	по традиционной технологии
Компот грушевый для детского питания	1-58-200	700	60	63	45
			120	72	
			180	82	
	1-58-200	420	60	60	
			120	65	
			180	70	
	1-58-200	280	60	55	
			120	58	
			180	62	

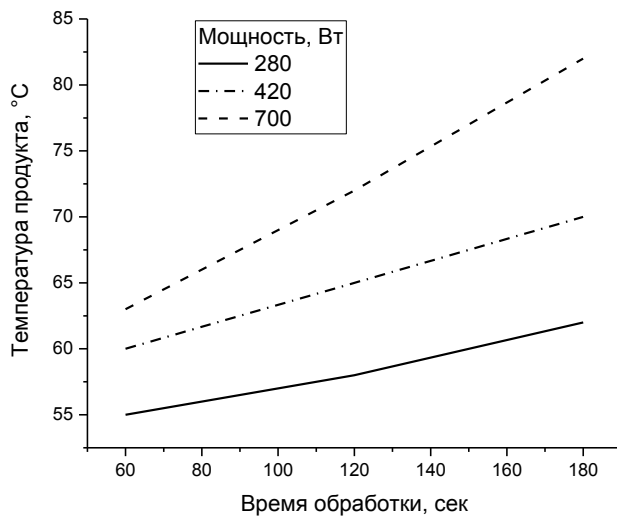


Рис. 2. Зависимость температуры продукта от времени обработки, при разных режимах ЭМП СВЧ

Fig. 2. Dependence of product temperature on processing time, at different modes of ultrahigh frequency electromagnetic field

до 180 с зависимость температуры продукта от времени обработки практически линейная. Поэтому зависимость температуры продукта ( $T$ ) от времени обработки ( $\tau$ ) и мощности ( $P$ ) определялась по уравнению аппроксимации следующего вида

$$T = b_0 + b_1 P + b_2 \tau + b_3 P \tau. \quad (1)$$

После нахождения коэффициентов ( $b_i$ , где  $i=0..3$ ) по методу наименьших квадратов, уравнение аппроксимации (1) принимает окончательный вид

$$T = 51,714 + 0,0032 \cdot P - 0,0131 \cdot \tau + 0,0002 \cdot P \cdot \tau. \quad (2)$$

В табл. 2 приведены экспериментальные значения температуры продукта и теоретические, которые рассчитаны по уравнению (2).

Погрешность при расчете теоретических значений температуры от результатов экспериментальных данных составляет  $\approx 1^\circ\text{C}$ .

Были проведены исследования по влиянию СВЧ-обработки плодов в банках на подавление жизнедеятель-

Таблица 2  
Зависимость времени обработки от температуры продукта и мощности ЭМП СВЧ

Table 2  
Dependence of processing time on product temperature and ultrahigh frequency electromagnetic field power

Мощность, Вт	Время обработки, с	Температура продукта, °C (эксп.)	Температура продукта, °C (теор.)
280	60	55	55,9
280	120	58	59,2
280	180	62	62,5
420	60	60	58,4
420	120	65	63,7
420	180	70	69,0
700	60	63	63,4
700	120	72	72,8
700	180	82	82,2

ности микроорганизмов. Необходимость таких исследований обусловлена теми обстоятельствами, что от уровня начальной микробальной обсемененности продукта зависит эффект термической обработки, т. е., чем меньше обсемененность продукта до термической обработки, тем можно меньше время подвергать его термической обработке, применяя более мягкие режимы пастеризации.

Для установления влияния СВЧ-обработки плодов на их общую обсемененность были исследованы плоды до и после обработки в ЭМП СВЧ.

Результаты исследований остаточной микрофлоры при СВЧ-обработке плодов груши приведены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, после 20 с СВЧ-обработки, в продукте уже не выявлены БГКП (колиформы), а после обработки в течение 60 с не обнаружены и КМАФАнМ, т. е., СВЧ-обработка в течение 60 с полностью обеспечивает подавление микроорганизмов в продукте.

В дальнейшем, задача состоит в предотвращении повторного обсеменения микроорганизмами.

Таблица 3  
Результаты исследований остаточной микрофлоры при СВЧ-обработке плодов груши

Table 3  
The influence of time of exposing to electromagnetic field of ultra-high frequency on the survival of microorganisms

Наименование показателя	Результаты исследований				Гигиенический норматив	Нормативные документы
	До обработки ЭМП СВЧ	После обработки ЭМП СВЧ в течение, с				
		20	30	60		
КМАФАнМ, КОЕ/г	2400	700	250	Не обнаружены	500	ГОСТ 10444.15–94
БГКП (колиформы), КОЕ/г	220	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	ГОСТ Р 50474–93
Дрожжи, КОЕ/г	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	ГОСТ 10444.12–88
<i>Staphylococcus aureus</i> , КОЕ/г	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	ГОСТ 10444.2–94

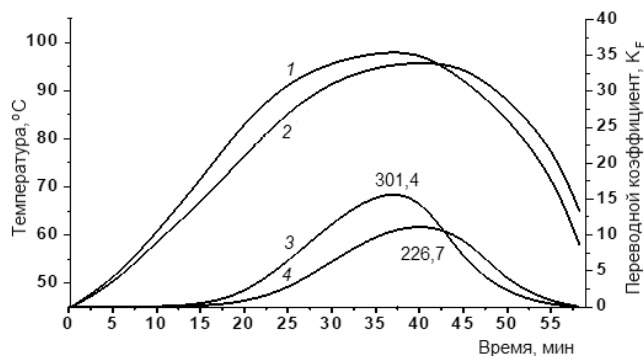


Рис. 3. График изменения температуры (кривые 1, 2) и летальности (кривые 3, 4) при пастеризации по традиционной технологии

Fig. 3. The changes of temperature (1, 2) and microflora lethality (3, 4) in pasteurization with the use of conventional technology

Для оценки традиционных и разработки новых режимов пастеризации компота из груши для детского питания, проведены экспериментальные исследования прогреваемости компота из груши по режиму традиционной технологии.

Графики изменения температуры и летальности при пастеризации грушевого компота для детского питания в банке 1-58-200 по традиционной технологии по режиму  $\frac{20-20-20}{100}$ ·218 кПа показаны на рис. 3.

Как видно из графика, показанного на рис. 3, продукт в банке получает неравномерное тепловое воздействие, причем в пристеночной области имеет место многократное излишнее тепловое воздействие, в отличие от центра, и, как результат, происходит снижение качества продукта.

Для интенсификации процесса пастеризации был применен метод повышения температурного уровня продукта в банке до ее герметизации, с использованием ЭМП СВЧ [3–5, 9, 10], который обеспечивает повышение начальной температуры продукта перед стерилизацией на 35 °С. Начальная температура консервируемого продукта составляет 80 °С, в то время как по режиму традиционной технологии начальная температура продукта составляет 45 °С.

Графики изменения температуры и летальности микрофлоры при пастеризации грушевого компота для детского питания в банке 1-58-200, с применением предварительного нагрева консервируемого продукта непосредственно в банках в ЭМП СВЧ с пастеризацией по мягкому режиму [11] усовершенствованной технологии  $\frac{16-12-16}{100}$ ·218 кПа, показаны на рис. 4, где 16, 12 и 16 — соответственно время циклов нагрева воды в автоклаве от начальной (65 °С) до конечной (100 °С) пастеризации при 100 °С и снижения до 40 °С.

Оценка результатов пастеризации компота из груши для детского питания (рис. 4) показывает, что по разработанному режиму пастеризации достигаются требуемые значения стерилизующих эффектов как в периферийной, так и центральной точках продукта, которые обеспечивают требуемую промышленную стерильность продукта.

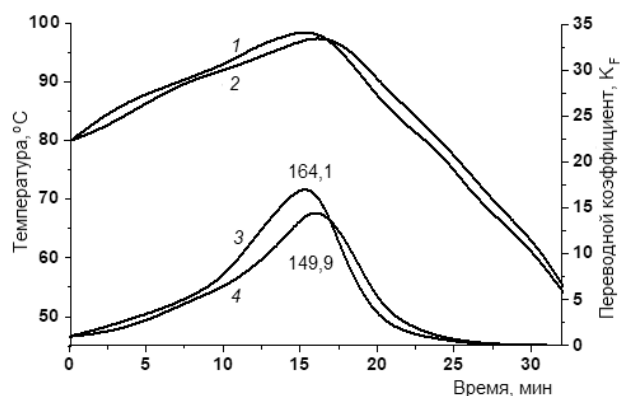


Рис. 4. График изменения температуры (кривые 1, 2) и летальности (кривые 3, 4) по мягкому режиму пастеризации

Fig. 4. The changes of temperature (1, 2) and microflora lethality (3, 4) in pasteurization with the use of the technology under investigation

Проведенные исследования подтверждают эффективность разработанной конструкции аппарата для СВЧ-обработки плодов в банках и нового способа тепловой пастеризации с периодическим изменением расположения банки в аппарате при тепловой обработке (дном — вниз и дном — вверх).

Схема модернизированной технологии производства компота из груш для детского питания показана на рис. 5.

Проведенные физико-химические и микробиологические исследования подтвердили их высокое качество и микробиологическую безопасность (табл. 4 и 5).

Как видно из данных табл. 4, усовершенствованная технология обеспечивает выпуск продукции более высокого качества, особенно по содержанию биологически

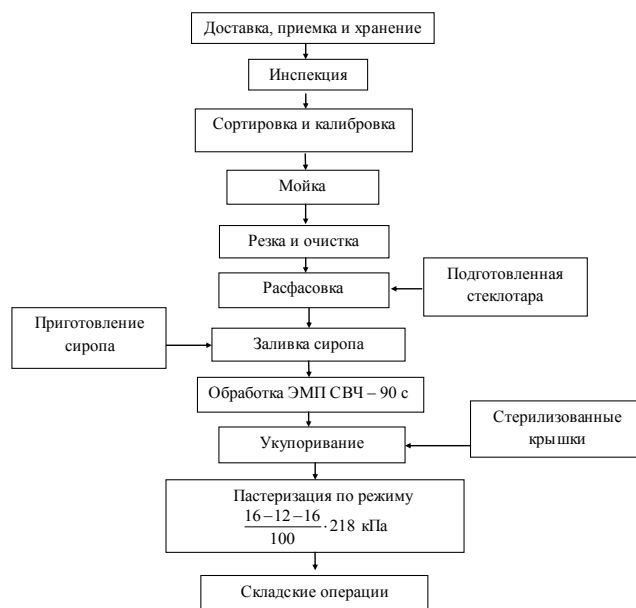


Рис. 5. Технологическая схема производства компота из груши с использованием СВЧ-бланшировки плодов при мягком режиме пастеризации

Fig. 5. The technology for production of pear compote for infant food with the use of microwave blanching of fruits immersed in syrup and milder pasteurization

Таблица 4

**Физико-химические показатели компота из груш, изготовленного по традиционной и усовершенствованной технологиям**

Table 4

**Physico-chemical indicators of pear compote for infant food made by conventional technologies and technologies under investigation**

Наименование	Технология		Нормативная документация
	традиционная	усовершенствованная	
Сухие вещества, %	20,1 ±0,1	20,1 ±0,1	ГОСТ 28562–90
Калий, мг/100г	95	101	ПНДФ 14.1:2:4.167–00
Кальций, мг/100 г	14,5	16,5	ПНДФ 14.1:2:4.167–00
Магний, мг/100г	8	10	ПНДФ 14.1:2:4.167–00
Натрий, мг/100г	7,2	9,2	ПНДФ 14.1:2:4.167–00
Витамин С, мг/100 г	3,5	6,5	МОУ 47–2007
Органические кислоты, мг/100г	0,35	0,4	МОУ 47–2007

Таблица 5

**Результаты микробиологических исследований компота из груш**

Table 5

**Microbiological analysis of pear compote**

Показатели	Результаты	Нормативная документация
Плесени, КОЕ/г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.12–88
<i>Clostridium perfringens</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.9–88
Дрожжи, КОЕ/г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.12–88
<i>Clostridium botulinum</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 29185–91
Мезофильные сульфитредуцирующие клостридии, в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.15–94
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.2–94
<i>Bacillus cereus</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.8–88
БГКП (колиформы), в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ Р 50474–93
Патогенные, в т. ч сальмонеллы, в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 30519–97 (ГОСТ Р 50480–93)
Мезофильные аэробные и факультативные анаэробные м/о, в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 30425–97
<i>Escherichia coli</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ГОСТ 30726–01
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не обнаружены	ГОСТ 10444.15–94
Цисты кишечных патогенных простейших организмов, КОЕ/г	Не обнаружены	ТР ТС 023/2011
<i>Bacillus subtilis</i> , в 1,0 г	Не обнаружены	ТР ТС 023/2011

активных компонентов, потери которых по традиционной технологии обусловлены их частичным выщелачиванием в процессе бланширования в технологических жидкостях и при больших продолжительностях тепловой обработки (витамины).

### Выводы

1. В результате проведенного исследования выявлена эффективность применения ЭМП СВЧ, взамен традиционного способа бланширования сырья в горячей воде и для интенсификации теплообменных процессов при производстве консервированного компота из груш для детского питания.

2. Представлена конструкция аппарата для реализации новых технических и технологических решений.

3. Получена математическая модель для определения температуры продукта при обработке в ЭМП СВЧ при различных режимах.

4. Разработан мягкий режим пастеризации, обеспечивающий сокращение продолжительности термообработки, безопасность и повышение качества готовой продукции.

Результаты исследований реализованы в усовершенствованной технологии производства компота из груш для детского питания.

Представленные технические решения можно рекомендовать для использования на предприятиях АПК, как обеспечивающие высокое качество, безопасность продукции и энергоэффективность.

## Литература

1. Ахмедов М. Э., Догеев Г. Д., Демирова А. Ф., Алибекова М. М., Рахманова Р. А. Аппарат для пастеризации плодовых консервов в электромагнитном поле сверхвысокой частоты. Патент на полезную модель № 187602. 20.07.2018.
2. Ахмедов М. Э. Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ // Известия вузов. Пищевая технология. 2008. № 1. С. 15–16.
3. Бабарин В. П. Стерилизация консервов. — СПб: ГИОРД, 2006. 312 с.
4. Касьянов Г. И., Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э. Инновационная технология стерилизации плодового и овощного сырья. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 6. С. 57–59.
5. Касьянов Г. И. Перспективы обработки пищевого сырья электромагнитным полем низкой частоты. // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С. 35–38.
6. Панина О. Р., Касьянов Г. И., Рохмань С. В. Разработка режимов СВЧ-стерилизации обеденных консервов. // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С. 122–124.
7. Руководство по разработке режимов стерилизации и пастеризации консервируемой продукции. ГНУ ВНИИКОП, 2011. 52 с.
8. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т. 2. — М.: Пищевая промышленность, 1977. 355 с.
9. Флауменбаум Б. Л. Танчев С. С. Гришин М. А. Основы стерилизации пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
10. Sendin J. O. H., Alonso A. A., Banga J. R. Efficient and robust multi-objective optimization of food processing: A novel approach with application to thermal sterilization. // Journal of Food Engineering. 2010. 98 (3):317–324.
11. Holdsworth D., Simpson R. Thermal Processing of Packaged Foods, 2nd Ed., Springer, New York. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72250-4>

## Сведения об авторах

**Азадова Эльмира Фархадовна**

аспирант кафедры технологии пищевых производств, общественного питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета, 367015, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, akhmag49@mail.ru

**Ахмедов Магомед Эминович**

д. т. н., доцент кафедры технологии пищевых производств, общественного питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета, 367015, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, akhmag49@mail.ru

**Демирова Амиат Фейзудиновна**

д. т. н., доцент, зав. каф. технологии пищевых производств, общественного питания и товароведения Дагестанского государственного технического университета, 367015, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, uma.demirova@mail.ru

## References

1. Akhmedov M. E., Dogeev G. D., Demirova A. F., Alibekova M. M., Rakhmanova R. A. Apparatus for pasteurization of canned fruit in the electromagnetic field of ultrahigh frequency. Utility model patent No. 187602. 20.07.2018. (in Russian)
2. Akhmedov M. E. the Intensification of the technology of thermal sterilization of canned food “Compote from apples” with preliminary heating of fruits in a microwave electromagnetic field. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2008. No. 1. Pp. 15–16. (in Russian)
3. Babarin V. P. Sterilization of canned food. St. Petersburg: GIORД, 2006. 312 pp. (in Russian)
4. Kasyanov G. I., Demirova A. F., Akhmedov M. E. Innovative technology of sterilization of fruit and vegetable raw materials. *Reports of the Russian Academy of agricultural Sciences*. 2014. No. 6. Pp. 57–59. (in Russian)
5. Kasyanov G. I. Prospects of processing of food raw materials by electromagnetic field of low frequency. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2014. No. 1. Pp. 35–38. (in Russian)
6. Panina O. R., Kasyanov G. I., Rokhman S. V. Development of microwave sterilization modes of canned food. *Izvestiya vuzov. Food technology*. 2014. No. 1. Pp. 122–124. (in Russian)
7. Guidelines for the development of sterilization and pasteurization of canned products. VNIИКОП, 2011. 52 pp. (in Russian)
8. Collection of technological instructions for the production of canned food. Vol. 2. Moscow: Food industry, 1977. 355 pp. (in Russian)
9. Flaumenbaum B. L. Tanchev S. S. Grishin M. A. Fundamentals of food sterilization. Moscow: Agropromizdat, 1986. 264 pp. (in Russian)
10. Sendin J. O. H., Alonso A. A., Banga J. R. Efficient and robust multi-objective optimization of food processing: A novel approach with application to thermal sterilization. *Journal of Food Engineering*. 2010. 98 (3):317–324.
11. Holdsworth D., Simpson R. Thermal Processing of Packaged Foods, 2nd Ed., Springer, New York. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-72250-4>

## Information about authors

**Azadova Elmira Farhadova**

postgraduate student of the Department of food production technology, catering and commodity science Dagestan State Technical University, Russia, 367015, Mashachkala, I. Shamil Ave., 70, akhmag49@mail.ru

**Akhmedov Magomed Eminovich**

D. Sc., Associate Professor of the Department of food production technology, catering and commodity science Dagestan State Technical University, Russia, 367015, Mashachkala, I. Shamil Ave., 70, akhmag49@mail.ru

**Demirova Amiiat Feizudinovna**

D. Sc., Associate Professor, Head of the Department of food production technology, catering and commodity science Dagestan State Technical University, Russia, 367015, Mashachkala, I. Shamil Ave., 70, uma.demirova@mail.ru