

УДК 664.8036:62

Высокотемпературная тепловая стерилизация консервированного компота из груши с двухступенчатым нагревом плодов в ЭМП СВЧ

Д-р техн. наук А. Ф. ДЕМИРОВА¹, д-р техн. наук М. Э. АХМЕДОВ²

М. М. АХМЕДОВА, А. М. ДАРБИШЕВА

¹uma.demirova@mail.ru, ²akhmag49@mail.ru

Дагестанский государственный технический университет

367015, г. Махачкала, проспект Имама Шамиля, 70

Д-р с.-хоз. наук Н. Г. ЗАГИРОВ

niva1956@mail.ru

Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

367015, г. Махачкала, Научный городок, 1

Выполнение задач по разработке и внедрению новых энергосберегающих технологий, требует изыскания новых способов интенсификации процесса тепловой стерилизации консервируемых продуктов и аппаратов для их осуществления, как одного из энергоемких и наиболее продолжительных процессов консервного производства. Проведены исследования по разработке режимов высокотемпературной ротационной стерилизации компота из груши с использованием двухступенчатой СВЧ-обработки. Предложена технологическая схема производства компота из груши с использованием двухступенчатого нагрева в ЭМП СВЧ и высокотемпературной тепловой стерилизации: доставка, приемка, хранение → мойка → калибровка → резка и очистка → фасовка → СВЧ-нагрев (1,0–2,0 мин) → заливка сиропа (95–98 °С) → СВЧ-нагрев (1,0–2,0 мин) → укупорка → стерилизация и охлаждение → складские операции. Установлены новые режимы тепловой стерилизации компота из айвы в банках объемом 0,35, 0,5 и 1,0 л с предварительным двухступенчатым нагревом плодов и плодов, залитых сиропом температурой 95–98 °С в СВЧ-поле и высокотемпературной ротационной стерилизацией в потоке нагретого воздуха. Проведенными исследованиями выявлено, что разработанные режимы обеспечивают существенное сокращение продолжительности тепловой обработки консервируемых продуктов и повышение качества готовой продукции.

Ключевые слова: компот, режим стерилизации, СВЧ-нагрев, высокотемпературный нагрев, температура, стерилизующий эффект.

High temperature sterilization of pear compote with two-stage heating of fruits in SHF electromagnetic field

D. Sc. A. F. DEMIROVA¹, D. Sc. M. E. AKHMEDOV²,

M. M. AKHMEDOVA, A. M. DARBISHEVA

¹uma.demirova@mail.ru, ²akhmag49@mail.ru,

Dagestan state technical university

367015, Russia, Mahachkala, pr. I. Shamilja, 70

D. Sc. N. G. ZAGIROV

niva1956@mail.ru

Dagestan research institute of agriculture

367015, Russia, Mahachkala, Nauchnyi gorodok, 1

Heat sterilization being one of the most energy and time consuming processes in canning, its intensification is of great importance. To this end new energy saving technologies and devices are developed. The modes of pear compote high-temperature rotating sterilization with two-stage microwave treatment. The technological scheme for pear compote with two-stage heating in SHF electromagnetic field and high-temperature sterilization is proposed: delivery, acceptance, storage → washing → grading → peeling and cutting → filling → microwave heating (1,0–2,0 min) → syrup filling (95–98 °С) → microwave heating (1,0–2,0 min) → sealing → sterilization and cooling → warehousing activities. New modes of apple-quince compote heat sterilization in 0.35, 0.5 and 1.0 l jars with two-stage preheating of the fruits and fruits in syrup of 95–98 °С in SHF field and high-temperature rotating air sterilization are proposed. The treatment has been proved to result in considerable decreasing canned fruits processing time and improving quality of the finished product.

Keywords: compote, sterilization mode, microwave heating, high temperature heating, temperature, sterilizing effect.

Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий, и создание высокоэффективных непрерывных процессов и аппаратов является одним из основных задач стоящих перед пищевой промышленностью по повышению конкурентоспособности консервированной продукции.

Выполнение этих задач требует изыскания новых способов интенсификации процесса тепловой стерилизации консервов и аппаратов для их осуществления, как одного из энергоемких и наиболее продолжительных процессов при производстве консервированных продуктов.

Традиционная технология производства консервированных компотов имеет ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

- большая продолжительность процесса тепловой обработки продукта и тем самым существенное снижение качественных показателей исходного сырья;
- неравномерность тепловой обработки продукта в банках;
- большой расход тепловой энергии и воды.

В настоящее время известно, что время проникновения тепла вглубь продукта зависит от ряда факторов: начальной температуры консервируемых продуктов перед стерилизацией; температуры теплоносителя, а также применение вращения банок в процессе тепловой обработки [1–3].

Необходимо заметить, что при этом повышение начальной среднеобъемной температуры продукта отражается положительно не только на теплофизической стороне процесса стерилизации, но и на микробиологической, так как, чем выше температура продукта к началу стерилизации, тем меньше микроорганизмов в нем будет и, следовательно, возрастет эффект стерилизации.

С учетом вышесказанного, нами была исследована возможность совершенствования технологии производства консервированного компота из груш с использованием предварительного нагрева плодов в банках в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) и ротационного высокотемпературного нагрева в потоке нагретого воздуха температурами 150–160 °С.

Одновременно при этом решалась и другая задача, связанная с термостойкостью стеклянной банки. При тепловой обработке консервируемых продуктов в потоке нагретого воздуха установлено, что стеклянная банка выдерживает температурный перепад в пределах до 100 °С, и для использования нагретого воздуха температурами 150–160 °С, требуется увеличить начальную температуру банки с продуктом до 50–60 °С, так как по традиционной технологии после заливки сиропа температура продукта в банке составляет порядка 42–45 °С.

Пищевые продукты по своим электрическим свойствам считаются неидеальными электриками, в которых при воздействии внешнего электрического поля возникают токи проводимости и смещения. При этом токи проводимости создаются свободными электрическими зарядами, движущимися по всему объему продукта, а токи смещения связанными зарядами, способными перемещаться лишь на незначительные расстояния.

Наличие в плодах айвы свободной воды, являющейся типичным примером полярной молекулы, ста-

новится фактором, определяющим интенсивность нагрева их в СВЧ поле. При воздействии СВЧ поля дипольные моменты молекул, имеющие в отсутствие поля произвольные направления, стремятся ориентироваться по направлению поля, что встречает сопротивление со стороны окружающих молекул и работа, расходуемая на преодоление этого сопротивления, в конечном итоге превращается в теплоту, что и вызывает нагревание продукта.

СВЧ энергия обладает тем преимуществом перед традиционными способами нагрева, что тепло передается сразу и одновременно всему продукту, как находящемуся в центре, так и продукту, расположенному у стенок банки. Поэтому нагрев содержимого банки до необходимой температуры происходит за считанные секунды; в десятки раз быстрее, чем при обычных способах нагрева.

В этой связи, для увеличения начальной среднеобъемной температуры консервов перед стерилизацией, был предложен и исследован способ обработки плодов в банках СВЧ энергией перед заливкой [4–7].

По существующей технологии подготовленные плоды укладывают в банки и заливают сиропом температурой равной 80–85 °С [8].

И так как сироп варят при 100 °С, а температура его при заливке составляет 80–85 °С, следовательно, имеет место существенные потери тепла, возникающие при охлаждении сиропа (рассола) от 100 °С (температура варки) до температуры заливки, предусмотренной технологической инструкцией.

В этой связи, для предотвращения таких значительных потерь тепла, а также для сокращения продолжительности режима стерилизации консервов путем увеличения начальной среднеобъемной температуры компотов, нами предлагается плоды, уложенные в банки, перед их заливкой сиропом предварительно нагреть, используя для этого ЭМП СВЧ. Предварительный нагрев плодов позволяет использовать сироп для заливки подогретых плодов температурой на 15–20 °С больше, чем предусмотрено по технологической инструкции. Это позволит как сэкономить тепловую энергию, за счет относительно высокой температуры заливаемого в банки сиропа, так и сократить продолжительность режимов стерилизации за счет высокой начальной температуры консервов перед стерилизацией.

Консервируемые продукты обрабатывали в СВЧ устройстве [7, 9–11] перед заливкой сиропа и после ее заливки, где с помощью магнетрона возбуждается электромагнитное поле частотой 2400 ± 50 МГц. Устройство снабжено реле времени, обеспечивающим заданный режим, и СВЧ камерой (резонатором), в которую помещали исследуемые банки с продуктом. После воздействия СВЧ энергии в банки заливали сироп температурой 100 °С, повторно подвергали СВЧ-обработке, после чего банки герметизировали и стерилизовали по новым ускоренным режимам (табл. 1).

На основании проведенных исследований предложена следующая технологическая схема производства консервированного компота из груши с использованием двухступенчатого нагрева в ЭМП СВЧ и высокотемпературной тепловой стерилизации:

Таблица 1

Результаты исследований двухступенчатой СВЧ-обработки плодов в банках

Наименование консервов	Объем банки, л	Продолжительность первичной СВЧ-обработки, с	Температура сиропа при заливке, °С	Продолжительность повторной СВЧ-обработки, с	Начальная температура консервируемого продукта	
					по традиционной технологии, °С	по новой технологии, °С
Компот из груши	0,35	60–65	95–98	60–65	43	85
Компот из груши	0,5	85–90	95–98	80–90	44	85
Компот из груши	1,0	110–120	95–98	100–120	45	86

Таблица 2

Режимы стерилизации консервированного компота из айвы в потоке нагретого воздуха с двухступенчатой СВЧ-обработкой плодов

Наименование консервов	Объем банки, л	Режимы стерилизации	
		по традиционной технологии	по новой технологии
Компот из груши	0,35	$\frac{20-20-20}{100} \cdot 118$ кПа	$85 \cdot \frac{3}{150(8,0)} \cdot \frac{5}{100} \cdot \frac{12}{20(8,0)} \cdot 0,12$
Компот из груши	0,5	$\frac{20-30-20}{100} \cdot 118$ кПа	$85 \cdot \frac{6}{150(8,5)} \cdot \frac{3}{100} \cdot \frac{12}{20(8,0)} \cdot 0,133$
Компот из груши	1,0	$\frac{25-45-25}{100} \cdot 118$ кПа	$85 \cdot \frac{8}{150(8,0)} \cdot \frac{5}{100} \cdot \frac{15}{20(8,0)} \cdot 0,166$

Доставка, приемка, хранение → мойка → калибровка → резка и очистка → фасовка → СВЧ-нагрев (1,0–2,0 мин) → заливка сиропа (95–98 °С) → СВЧ-нагрев (1,0–2,0 мин) → укупорка → стерилизация и охлаждение → складские операции.

В табл. 1 представлены результаты экспериментальных исследований при двухступенчатой СВЧ-обработке плодов груши в банках различного объема.

На рисунке показаны кривые прогреваемости и фактической летальности высокотемпературной ротационной стерилизации компота из груши в банке объемом 0,5 л с предварительным двухступенчатой обработкой плодов и плодов залитых сиропами в ЭМП СВЧ.

Для случая стерилизации с использованием высокотемпературного воздушного нагрева с последующим воздушным охлаждением, формулу стерилизации можно выразить в следующем виде:

$$T_0 \cdot \frac{\tau_1}{T_1(v_1)} \cdot \frac{\tau_2}{T_2} \cdot \frac{\tau_3}{T_3(v_2)} n,$$

где T_0 — начальная температура продукта; τ_1 — продолжительность периода нагрева продукта в потоке нагретого воздуха температурой T_1 и скоростью v_1 ; τ_2 — продолжительность периода выдержки при температуре T_2 ; τ_3 — продолжительность периода охлаждения при температуре T_3 и скорости воздушного потока v_2 ; n — частота вращения банок, c^{-1} .

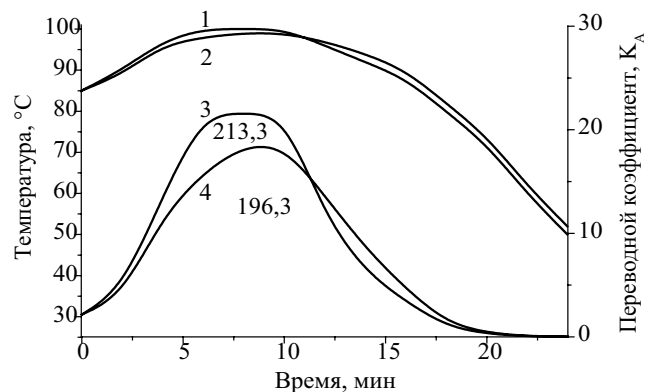


Рис. 1. Кривые прогреваемости (1, 2) и фактической летальности (3, 4) высокотемпературной ротационной стерилизации компота из айвы в банках объемом 0,5 л с предварительной двухступенчатой СВЧ-обработкой плодов в банках

Кривые прогреваемости (1, 2) и фактической летальности (3, 4) (см. рисунок) высокотемпературной ротационной стерилизации компота из груши в банках объемом 0,5 л с предварительной двухступенчатой СВЧ-обработкой плодов в банках представлены по режиму

$$85 \cdot \frac{6}{150(8,5)} \cdot \frac{3}{100} \cdot \frac{15}{20(8,0)} \cdot 0,133.$$

Режимы стерилизации компота из груши по традиционной и по предлагаемой технологии с использованием двухступенчатого нагрева плодов в банках в ЭМП

СВЧ до заливки и после заливки сиропом температурой 95–98 °С и высокотемпературной ротационной стерилизацией в потоке нагретого воздуха показаны в табл. 2.

Полученные экспериментальные данные достаточно убедительно показывают, что использование предварительного двухступенчатого нагрева плодов в ЭМП СВЧ и высокотемпературная ротационная стерилизации в потоке нагретого воздуха обеспечивают сокращение продолжительности режимов тепловой стерилизации, экономию тепловой энергии и как результат повышение качества готовой продукции.

Для практической реализации этого способа разработана конструкция устройства для предварительного нагрева плодов в банках в ЭМП СВЧ [9].

Список литературы

1. *Флауменбаум Б. Л.* Основы консервирования пищевых продуктов. — М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1982.
2. *Демирова А. Ф., Исмаилов Т. А., Ахмедов М. Э.* Новый способ интенсификации тепловой стерилизации консервов и устройство для его осуществления // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 2–3. С. 89–81.
3. *Исмаилов Т. А., Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф.* Новый способ интенсификации тепловой стерилизации консервов и устройство для его осуществления // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 2–3. С. 87–89.
4. *Ахмедов М. Э., Исмаилов Т. А.* Способ консервирования компота из яблок. Патент РФ № 2318389. МПК А 23 L 3/00, Бюл. № 7, 2008.
5. *Демирова А. Ф.* Принципы создания высокоэффективных энергосберегающих технологических процессов производства консервов // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 5–6. С. 60–62.
6. *Демирова А. Ф.* Технология производства компотов с использованием воздушного и водоиспарительного охлаждения // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 5–6. С. 36–38.
7. *Демирова А. Ф.* Новый способ консервирования компотов с предварительным подогревом плодов насыщенным водяным паром «Компот из яблок» // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 1. С. 95–97.
8. Сборник технологических инструкций по производству консервов, Т. 2, — М.: Пищевая промышленность, 1977.
9. *Исмаилов Т. А., Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф.* Влияние параметров теплоносителя на выбор режимов высокотемпературной стерилизации консервов // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 2–3. С. 74–76.
10. *Ахмедова М. М., Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф., Пиняскин В. В., Загиров Н. Г.* Новый способ двухэтапного воздушно-водоиспарительного ротационного охлаждения консервируемых продуктов в стеклянной таре // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. С. 6–9.
11. *Демирова А. Ф.* Совершенствование технологии производства консервов путем повышения начальной среднеобъемной температуры продукта // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. № 4. С. 44–45.

References

1. *Flaumenbaum B. L.* Bases of conservation of foodstuff. Moscow. 1982. (in Russian)
2. *Demirova A. F., Ismailov T. A., Akhmedov M. E.* New method of intensification of thermal sterilization of canned food and the device for its implementation. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2010. No 2–3. p. 89–81. (in Russian)
3. *Ismailov T. A., Akhmedov M. E., Demirova A. F.* New method of intensification of thermal sterilization of canned food and the device for its implementation. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2011. No 2–3. p. 87–89. (in Russian)
4. *Akhmedov M. E., Ismailov T. A.* Method of conservation of compote from apples. Patent Russian Federation No. 2318389. MPK A 23 L 3/00, Byul. No7, 2008. (in Russian)
5. *Demirova A. F.* Principles of creation of highly effective energy saving technological processes of production of canned food. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2011. No 5–6. p. 60–62. (in Russian)
6. *Demirova A. F.* The production technology of compotes with use of air and water transpiration cooling. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2011. No 5–6. p. 36–38. (in Russian)
7. *Demirova A. F.* New method of conservation of compotes with preliminary heating of fruits saturated water vapor «Compote from Apples». *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2012. No 1. p. 95–97. (in Russian)
8. Collection of technological instructions on production of canned food. Vol. 2. Moscow. 1977. (in Russian)
9. *Ismailov T. A., Akhmedov M. E., Demirova A. F.* Influence of parameters of the heat carrier on a choice of the modes of high-temperature sterilization of canned food. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2010. No 2–3. p. 74–76. (in Russian)
10. *Akhmedova M. M., Akhmedov M. E., Demirova A. F., Pinyaskin V. V., Zagirov N. G.* New method of two-stage air and water vaporizing rotational cooling of food being preserved in glass container. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2014. No 4. p. 6–9. (in Russian)
11. *Demirova A. F.* Enhancement of the production technology of canned food by increase of initial medium-volume temperature of a product. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2011. No 4. p. 44–45.