

УДК 664.8036:62

Новый способ двухэтапного воздушно-водоиспарительного ротационного охлаждения консервируемых продуктов в стеклянной таре

М. М. АХМЕДОВА, *д-р техн. наук* М. Э. АХМЕДОВ¹,
д-р техн. наук А. Ф. ДЕМИРОВА², *канд. хим. наук* В. В. ПИНЯСКИН³

¹akhmag49@mail.ru, ²uma.demirova@mail.ru, ³home.user@yandex.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

Традиционно, в аппаратах для тепловой стерилизации консервов, в качестве охлаждающей среды, применяется воздух или вода. Авторами статьи разработан новый способ охлаждения консервируемых продуктов, сущность которого заключается в том, до температуры 75–80 °С охлаждение консервов производят в потоке атмосферного воздуха, после чего охлаждение продолжается с нанесением на поверхность банки водяной пленки температурой 60–65 °С с интервалом 5–10 с, при этом в процессе охлаждения банка вращается с доньшки на крышку с определенной частотой. В результате проведенных исследований было выявлено, что процесс охлаждения, осуществляемый по традиционной технологии, имеет ряд существенных недостатков, к основным из которых относятся: большой расход охлаждающей воды; неравномерность процесса тепловой обработки центральных и периферийных слоев продукта; необеспечение требуемых конечных параметров температуры продукта в конце процесса охлаждения и ухудшение качества готового продукта. Экспериментальными исследованиями подтверждена эффективность поэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения консервов при вращении тары с «доньшка на крышку». На основании математической обработки полученных данных получена математическая модель продолжительности процесса двухэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения компотов.

Ключевые слова: охлаждение, продолжительность, равномерность, поэтапное охлаждение, ротация тары, температура, кривые охлаждения, термостойкость.

New method of two-stage air and water vaporizing rotational cooling of food being preserved in glass container

M. M. AKHMEDOVA, *D. Sc.* M. E. AKHMEDOV¹,
D. Sc. A. F. DEMIROVA², *Ph. D.* V. V. PINYASKIN³

¹akhmag49@mail.ru, ²uma.demirova@mail.ru, ³home.user@yandex.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

Air or water has been traditionally used as cooling medium during sterilization of canned food. New cooling method is presented. The method includes cooling in the air flow to 75–80 °C, succeeding cooling being made applying water film of 60–65 °C on jar surface at 5–10 sec interval. During the process jar is turned up and down regularly. It has been found out that the main drawbacks of traditional cooling process are: excessive water consumption, non-uniform heat treatment of central and outer layers of the product, failure to provide temperature parameters required at the end of the process resulting in deterioration of the final product. Pilot research confirmed efficiency of stage-by-stage air and water vaporizing cooling of canned food when jar is turned up and down. Mathematical processing of the data allow to develop mathematical model for air and water vaporizing cooling time of compotes.

Keywords: cooling, duration, uniformity, stage-by-stage cooling, container rotation, temperature, cooling curve, heat resistance.

Охлаждение является завершающим этапом процесса тепловой стерилизации консервируемых пищевых продуктов в герметически укупоренной таре [1], целью которого, как известно, является предотвращение разваривания продукта и обеспечения условий для осуществления заключительных технологических операций производства [2].

Практически во всех существующих аппаратах для тепловой стерилизации консервов в качестве охлаждающей среды применяется воздух [5–8] или вода [9, 10] и процесс охлаждения, особенно в аппаратах непрерывного действия, осуществляется ступенчато, комбинируя воздух и воду.

Хотя коэффициент теплоотдачи воды гораздо больше (в несколько десятков раз), чем у воздуха, использование воды в качестве охлаждающей среды не всегда целесообразно из-за ее дороговизны и гидравлической проницаемости микроорганизмов через мокрый закаточный шов, приводящей к вторичному микробиологическому обсеменению продукта.

Воздух, несмотря на низкую интенсивность теплообмена, обусловленную низким коэффициентом теплоотдачи, обладает тем преимуществом, что он наиболее доступен и системы воздушного охлаждения достаточно просты и безопасны.

Хотя частично и в процессе охлаждения консервов имеет место гибель микроорганизмов (включительно до 60 °С), но целесообразнее по многим факторам обеспечение промышленной стерильности консервов в период нагрева, при высоких температурах, а процесс охлаждения проводить более интенсивно. Но, тем не менее, в зависимости от продолжительности процесса охлаждения и в период охлаждения консервы получают определенное тепловое воздействие, которое в совокупности с периодом нагрева обеспечивают требуемую величину промышленной стерильности консервов.

Для оценки эффективности процесса охлаждения консервов традиционными способами, используемыми в промышленности, нами проведены экспериментальные исследования по охлаждению консервов по традиционной технологии в автоклавах по режимам действующей технологической инструкции, а также в потоке атмосферного воздуха и орошением водой, используемых в аппаратах непрерывного действия.

Результаты исследований показали, что при охлаждении, по режимам традиционной технологии в автоклавах, консервируемые продукты имеют не только относительно высокую температурную неравномерность, но они также не обеспечивают охлаждение продукта до требуемой конечной температуры. Температура продукта и после завершения процесса охлаждения еще долгое время остается высокой, более 80 °С, что естественно не обеспечивает прекращение расщепления биологически активных веществ, содержащихся в консервируемых продуктах, обладающих большой термолабильностью. К тому же, процесс охлаждения, осуществляемый в автоклавах, имеет ряд существенных недостатков, к основным из которых относятся: большой расход охлаждающей воды; неравномерность процесса тепловой обработки центральных и периферийных слоев продукта; необеспечение требуемых конечных параметров темпе-

ратуры продукта в конце процесса охлаждения и ухудшение качества готового продукта за счет того, что и после завершения процесса охлаждения продукт еще долгое время (несколько часов) находится под высокой температурой, отрицательно влияющей на сохранение пищевой ценности готового продукта.

В качестве сравнения проведено экспериментальное исследование охлаждения консервов в статическом состоянии в потоке атмосферного воздуха, которое широко используется в аппаратах непрерывного действия конвейерного типа.

Анализ результатов также подтвердил, что используемые на практике консервной промышленности способы охлаждения консервируемых продуктов после их тепловой стерилизации несовершенны: не обеспечивают требуемых величин конечной температуры охлаждаемого продукта; не обеспечивают равномерность тепловой обработки готового продукта; имеет место большой расход охлаждаемой воды на единицу продукции.

В связи с вышеизложенным, поиск более совершенных и эффективных способов охлаждения консервируемых продуктов после их тепловой стерилизации является одной из важнейших задач в решении вопросов разработки эффективных и энергосберегаемых технологических процессов переработки сельскохозяйственного сырья.

Нами разработан новый способ охлаждения консервируемых продуктов [3], сущность которого заключается в том, что до температуры 75–80 °С охлаждение банок следует производить в потоке атмосферного воздуха, после чего продолжить охлаждение методом нанесения на поверхность банки водяной пленки температурой 60–65 °С с интервалом 5–10 с. При этом, в процессе охлаждения банка вращается с доньшки на крышку с определенной частотой.

Целью данных исследований является обоснование возможности и выявление влияния параметров охлаждающего воздуха и вращения (ротации) тары на продолжительность процесса охлаждения консервов в различной таре после тепловой стерилизации.

При этом перед нами была поставлена задача выявления влияния скорости охлаждающего воздуха на процесс охлаждения.

Интервал параметров был выбран, исходя из реализуемых в производственных условиях, и был определен в следующих границах: температура воздуха 25÷32 °С; скорость воздушного потока 2,75÷5,8 м/с.

При ротационном охлаждении в потоке атмосферного воздуха, основными параметрами, влияющими на процесс охлаждения, являются, в первую очередь, скорость воздушного потока, которую можно регулировать и температура, которая в основном определяется погодными условиями, и условиями микроклимата. Учитывая те обстоятельства, что переработка сельскохозяйственного сырья, в основном, производится в летний период и температура атмосферного воздуха, в основном, находится в пределах 25–32 °С, в то время как скорость воздушного потока можно изменять в широких пределах, нами экспериментально исследован процесс охлаждения компотов в различной таре (0,5÷3 л) при различных скоростях воздушного потока.

Известный способ воздушно-водоиспарительного охлаждения [4] позволяет значительно интенсифицировать процесс охлаждения консервов после тепловой стерилизации. Однако при практическом применении этого способа выявляется один недостаток, связанный со сложностью обеспечения непрерывного поддержания температурного перепада наносимой на поверхность банки водяной пленки и стенки банки в пределах 27 ± 2 °С.

На рис. 1 представлены кривые охлаждения консервов «Компот из черешни» в банках СКО 1-82-500 при поэтапном воздушно-водоиспарительном охлаждении с вращением тары при различных скоростях охлаждающего воздуха.

Как видно из графика, на первом этапе охлаждения в потоке атмосферного воздуха до 80 °С продолжительность охлаждения до 80 °С при различных скоростях охлаждающего воздуха составляет соответственно: при $v_b = 2,75$ м/с — 11 мин; $v_b = 3,7$ м/с — 9 мин; $v_b = 4,8$ м/с — 8,5 мин; $v_b = 5,8$ м/с — 8 мин.

При дальнейшем продолжении охлаждения с попеременным нанесением на поверхность банки водяной пленки, общие продолжительности охлаждения до конечной температуры продукта равной 60 °С, составляют соответственно: при $v_b = 2,75$ м/с — 15 мин; $v_b = 3,75$ м/с — 13 мин; $v_b = 4,8$ м/с — 12,2 мин. и $v_b = 5,8$ м/с — 11,7 мин.

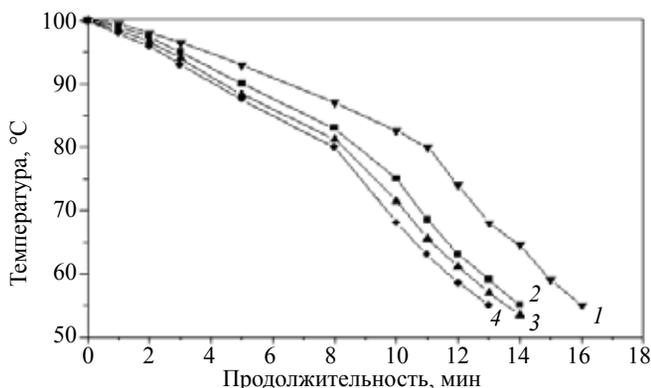


Рис. 1. Кривые ступенчатого воздушно-водоиспарительного охлаждения компота из черешни в банке СКО 1-82-500 при различных скоростях v_b воздушного потока: 1 — 2,75 м/с; 2 — 3,75 м/с; 3 — 4,8 м/с; 4 — 5,8 м/с

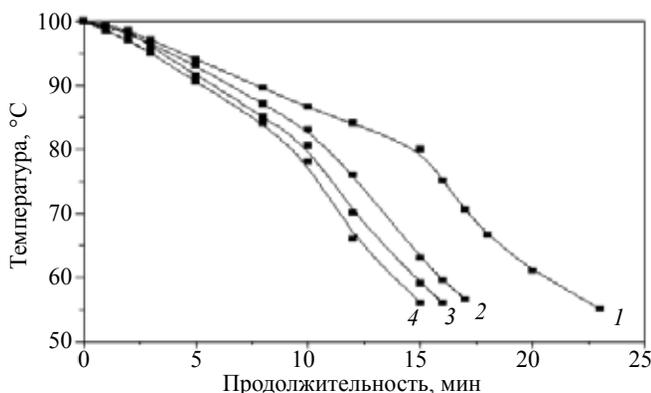


Рис. 2. Кривые двухэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения компота из черешни в банке СКО 1-82-1000 при различных скоростях v_b воздушного потока: 1 — 2,75 м/с; 2 — 3,75 м/с; 3 — 4,8 м/с; 4 — 5,8 м/с

При этом, средняя скорость охлаждения продукта составляет на первом этапе охлаждения в потоке атмосферного воздуха при $v_b = 2,75$ м/с — 1,82 °С/мин и постепенно увеличивается, достигая при $v_b = 5,8$ м/с — 2,5 °С/мин. А на втором этапе охлаждения с нанесением на поверхность банки водяной пленки средняя скорость охлаждения продукта составляет 3,33 °С/мин при $v_b = 2,75$ м/с и постепенно увеличивается, достигая 5,4 °С/мин.

При этом при увеличении скорости воздуха с $v_b = 4,8$ м/с до $v_b = 5,8$ м/с средняя скорость охлаждения продукта изменяется незначительно и составляет 0,1 °С/мин. Это позволяет сделать вывод о том, что увеличение скорости охлаждающего воздуха более 5 м/с не оказывает практически влияния на интенсификацию процесса охлаждения, и скорости воздушного потока в пределах 4,5–5 м/с можно считать оптимальными для практического применения при проектировании аппаратов непрерывного действия для тепловой стерилизации консервов.

Анализ кривых охлаждения компотов в банках СКО 1-82-1000 (рис. 2) подтверждает вышеуказанное утверждение о выборе оптимальной скорости атмосферного воздуха при охлаждении консервов после тепловой стерилизации. Так, для банки 1-82-1000 продолжительности процесса охлаждения консервов от начальной температуры $t_k = 60$ °С составляют соответственно: при $v_b = 2,75$ м/с — 20,5 мин; $v_b = 3,75$ м/с — 16 мин; $v_b = 4,8$ м/с — 14,8 мин. и $v_b = 5,8$ м/с — 14,2 мин; таким образом, при увеличении скорости охлаждающего воздуха с $v_b = 4,8$ м/с до $v_b = 5,8$ м/с продолжительность процесса охлаждения сокращается всего на 0,6 мин.

Аналогичные исследования по поэтапному воздушно-водоиспарительному охлаждению были проведены и для консервов в банках СКО 1-82-3000 с вращением тары, анализ которых также подтвердил значение оптимальной скорости воздушного потока.

На основании математической обработки экспериментальных данных получена математическая модель продолжительности процесса двухэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения компотов, имеющая вид:

$$\tau = \frac{[P_1 - P_2(150 - T)]P_4 - \Phi(T - 80)P_5 - (T - 80)}{P_3},$$

где: $P_1 = 7,8$; $P_2 = 111,6$; $P_3 = 0,075 + 0,015v$;

$P_4 = 1,2 + 0,5v \ln(V + 0,01)$;

$P_5 = 1,27 \cdot 10^{-3} + 1,89 \cdot 10^{-3} - 4,6 \cdot 10^{-4} V$;

$\Phi(x)$ — функция Хевисайда; V — объем банки;

v — скорость воздушного потока.

Полученная модель позволяет количественно определить влияние различных факторов на процесс охлаждения консервов, адекватно описывает область изменения параметров поэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения. Относительная погрешность, при сопоставлении расчетных значений с опытными, колеблется в пределах 5–8%.

Учитывая простоту и эффективность способ поэтапного воздушно-водоиспарительного охлаждения, его можно рекомендовать для применения на предприятиях консервной промышленности и при проектировании аппаратов непрерывного действия.

Список литературы

1. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т. 2, — М., 1977.
2. *Флауменбаум Б. Л., Танчев С. С., Гришин М. А.* Основы стерилизации пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986.
3. *Ахмедов М. Э., Исмаилов Т. А.* Способ охлаждения консервов после тепловой стерилизации. Пат. РФ №2318412, Бюл. №7, 10.03.2008.
4. *Аминов М. С., Мурадов М. С., Ахмедов М. Э.* Способ охлаждения консервов в стеклянной таре и устройство для его осуществления. Пат. РФ №1209144. опуб. 07.02.1986.
5. *Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф.* Охлаждение компотов в стеклянной таре в потоке атмосферного воздуха. // Пищевая промышленность. 2014. №2. С. 66–67.
6. *Мукайлов М. Д., Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф.* Исследование эффективности способов охлаждения консервов в стеклянной таре в статическом состоянии банок. // Проблемы развития АПК региона. 2013. Т. 16. №4 (16). С. 47–52.
7. *Исмаилов Т. А., Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э., Ахмедова М. М.* Оценка эффективности ступенчатого ротационного охлаждения консервов в стеклянной таре. // Вестник Международной академии холода. 2013. №2. С. 54–56.
8. *Ахмедов М. Э., Демирова А. Ф., Пиняскин В. В., Ахмедова М. М.* Оптимизация параметров высокотемпературной ротационной стерилизации компотов в СКО 1-82-500. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. №10. С. 13–15.
9. *Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э., Ахмедова М. М.* Аппарат оросительного типа для ступенчатой ротационной стерилизации консервов. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. №4. С. 50–51.
10. *Демирова А. Ф., Ахмедов М. Э., Ахмедова М. М.* Аппарат рекуперативного типа для ступенчатой ротационной стерилизации консервов. // Пищевая промышленность. 2013. №4. С. 50–51.

References

1. Collection of technological instructions on production of canned food. T. 2, — Moscow. 1977. (in Russian)
2. Flaumenbaum B. L. Tanchev S. S. Grishin M. A. Bases of sterilization of foodstuff. — Moscow. 1986. (in Russian)
3. Akhmedov M. E., Ismailov T. A. Method of cooling of canned food after thermal sterilization. The patent Russian Federation No. 2318412, Bulletin No. 7, 10.03.2008. (in Russian)
4. Aminov M. C., Muradov M. S., Akhmedov M. E. Method of cooling of canned food in glass tare and the device for its implementation. Patent Russian Federation No. 1209144. 07.02.1986. (in Russian)
5. Akhmedov M. E., Demirova A. F. Cooling of compotes in glass tare in a flow of atmospheric air. *Pishchevaya promyshlennost*. 2014. No 2. p. 66–67. (in Russian)
6. Mukailov M. D., Akhmedov M. E., Demirova A. F. Research of efficiency of methods of cooling of canned food in glass tare in a static status of cans. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2013. T. 16. No 4 (16). p. 47–52. (in Russian)
7. Ismailov T. A., Demirova A. F., Achmedov M. E., Achmedova M. M. Assessing the efficiency of step-by-step rotary cooling of canned food in glass containers. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2013. No 2. p. 54–56. (in Russian)
8. Akhmedov M. E., Demirova A. F., Pinyaskin V. V., Akhmedova M. M. Optimization of parameters of high-temperature rotation sterilization of compotes in СКО 1-82-500. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2013. No 10. P. 13–15. (in Russian)
9. Demirova A. F., Akhmedov M. E., Akhmedova M. M. The device of irrigating type for step rotation sterilization of canned food. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2013. No 4. p. 50–51. (in Russian)
10. Demirova A. F., Akhmedov M. E., Akhmedova M. M. The device of recuperative type for step rotation sterilization of canned food. *Pishchevaya promyshlennost*. 2013. No 4. p. 50–51. (in Russian)

**Третья Международная научно-техническая конференция
Современные методы и средства исследований
теплофизических свойств веществ**

20–22 мая 2015 г.



Организаторы:
Университет ИТМО
Международная академия холода



Планируется работа по двум секциям:

- Методы, приборы и средства автоматизации теплофизических измерений
- Исследование теплофизических свойств веществ. Результаты и анализ

На конференции предполагается обсудить:

- Состояние теплофизических измерений в области низких и умеренных температур (методы и приборы).
- Результаты исследований теплофизических свойств.
- Вопросы автоматизации теплофизических измерений.
- Состояние метрологии теплофизических измерений.

Университет ИТМО, кафедра физики, ауд. 2417
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Контакты: т/ф.: (812) 575-61-30, e-mail: info@tfi.spb.ru
<http://tfi.spb.ru>

