
Научная статья/ Research Article

УДК 664.8.036.26

DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-264-271

Алексей Александрович Королев¹, Галина Петровна Покудина^{2✉},

Вячеслав Иванович Сенкевич³

^{1,2,3}Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Видное, Московская область, Россия

¹process@vniitek.ru

²galinamil2@yandex.ru

³vnikop@gmail.com

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ ГЕТЕРОФАЗНОЙ ПИЩЕВОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ЯБЛОЧНОГО СОКА С МЯКОТЬЮ

В статье приведены результаты исследования влияния режимов термостатирования гетерофазной пищевой системы на кумулятивную летальность и реологические свойства. Гетерофазная система FS – сок яблочный с мякотью (содержание рсв – 11 %). Выбор FS обусловлен максимальной приближенностью его свойств к свойствам реальных FS из гетерофазного сырья. Для отработки режимов стерилизации FS фасовали в стеклянные банки вместимостью 190 мл. Термопару располагали по центральной оси банки на геометрической высоте 18 мм. Прогревы FS проводили в водяном термостате типа WCH-16 в изотермических условиях с погрешностью стабилизации температуры не более $\pm 0,1$ °C и последующим охлаждением в воде. Диапазон температур термостатирования – 75, 80, 85, 90 и 95 °C. Обработанные экспериментальные данные исследований гетерофазной FS отличаются большой вариативностью характера прогрева на начальном этапе, продолжающемся порядка 10 мин. Полученный характер накопления летальности $F(t)$ для всего диапазона температур t_{st} 75–95 °C на графиках аналогичен и отличается полученными значениями. Средняя летальность цикла F составила 10,3–223,72 мин. Высокая вариативность динамик нагрева FS от t_0 до $t \approx t_{st}$ во многом зависит от помолологических сортов и региона выращивания яблок, соотношения пюре и сока с мякотью и оборудования для переработки (дробилок, протирок, гомогенизаторов). Результаты исследований реологических свойств гетерофазной FS показали, что в пределах диапазона нагрева от 30 до 60 °C она имеет свойства неньютоновской жидкости – среды с выраженным нелинейным изменением динамической вязкости при увеличении скорости сдвига.

Ключевые слова: гетерофазная пищевая система, стерилизация, летальность, наименее прогреваемая точка, кумулятивная летальность, реологические свойства

Для цитирования: Королев А.А., Покудина Г.П., Сенкевич В.И. Характеристика процесса тепловой стерилизации гетерофазной пищевой системы на примере яблочного сока с мякотью // Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 264–271. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-264-271.

Alexey Alexandrovich Korolev¹, Galina Petrovna Pokudina^{2✉}, Vyacheslav Ivanovich Senkevich³

^{1,2,3}All-Russian Research Institute of Canning Technology – a branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.I. V.M. Gorbатов RAS, Vidnoe, Moscow Region, Russia

¹process@vniitek.ru

²galinamil2@yandex.ru

³vnikop@gmail.com

© Королев А.А., Покудина Г.П., Сенкевич В.И., 2022

Вестник КрасГАУ. 2022. № 12. С. 264–271.

Bulliten KrasSAU. 2022;(12):264–271.

CHARACTERISTICS OF THE HETEROPHASE FOOD SYSTEM THERMAL STERILIZATION PROCESS ON THE EXAMPLE OF APPLE JUICE WITH PULP

The paper presents the results of a study of the influence of thermostating regimes of a heterophase food system on cumulative lethality and rheological properties. Heterophase system FS – apple juice with pulp (RSV content – 11 %). The choice of FS is due to the maximum approximation of its properties to the properties of real FS from heterophase raw materials. To test the sterilization modes, FS was packed in glass jars with a capacity of 190 ml. The thermocouple was placed along the central axis of the jar at a geometric height of 18 mm. FS heating was carried out in a water thermostat of the WCH-16 type under isothermal conditions with a temperature stabilization error of no more than ± 0.1 °C and subsequent cooling in water. Thermostat temperature range is 75, 80, 85, 90 and 95 °C. The processed experimental data of studies of heterophase FS are distinguished by a large variability in the nature of heating at the initial stage, which lasts about 10 minutes. The resulting character of the accumulation of lethality $F(t)$ for the entire temperature range t_{st} 75–95 °C on the graphs is similar and differs in the obtained values. The average lethality of the F cycle was 10.3–223.72 minutes. High variability of heating dynamics FS from t_0 to $t \approx t_{st}$ largely depends on pomological varieties and the region where apples are grown, the ratio of puree and juice with pulp and processing equipment (crushers, mashers, homogenizers). The results of studies of the rheological properties of heterophase FS showed that within the heating range from 30 to 60 °C, it has the properties of a non-Newtonian fluid – a medium with a pronounced nonlinear change in dynamic viscosity with increasing shear rate.

Keywords: heterophasic food system, sterilization, lethality, least heated point, cumulative lethality, rheological properties

For citation: Korolev A.A., Pokudina G.P., Senkevich V.I. Characteristics of the heterophase food system thermal sterilization process on the example of apple juice with pulp // Bulliten KrasSAU. 2022;(12): 264–271. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2022-12-264-271.

Введение. Основной задачей процесса тепловой стерилизации при производстве консервированных продуктов является подавление жизнедеятельности микроорганизмов и обеспечение промышленной стерильности готовой продукции [1]. Процесс стерилизации консервируемых продуктов требует поиска компромисса между положительным и вредным воздействием высоких температур на продукт. Особое значение для разработки режимов стерилизации, обеспечивающих микробиологическую безопасность и высокие качественные показатели, имеет прогнозирование тепловых процессов внутри упаковки, проходящих при интенсивном тепловом воздействии [2, 3].

При моделировании процессов тепловой стерилизации гетерофазных продуктов в банках значимую роль играют характеристики жидкой фазы, от которых во многом зависит перемещение зоны наименьшего прогревания (SHZ) [4–6]. Так, в зависимости от вязкости жидкой фазы пищевых систем определяется характер теплообмена при нагреве – конвективный или теплопроводный [7]. Исследование миграции зоны наименьшего прогревания позволяет наиболее точно определять летальность процесса. Фак-

тическая финишная летальность, полученная по данным прогрева пищевой системы в SHZ, должна отличаться в большую сторону или быть равной расчетному значению [8, 9].

Осветленные фруктовые соки, как правило, представляют собой ньютоновские и маловязкие жидкости (менее чем в семь раз выше вязкости воды) [10]. Неосветленные фруктовые соки имеют более вязкую структуру и представляют собой неньютоновские жидкости вследствие наличия в них взвешенных частиц и растворенных молекул с длинными цепями [11]. При повышенном содержании пищевых волокон образуется высоковязкая жидкость с сильным пределом текучести [12]. Например, яблочный сок при содержании клетчатки выше 10 % проявляет тиксотропные свойства [13–15]. Технологические свойства соков могут сильно различаться в зависимости не только от вида сырья, но и сортовых особенностей, дисперсионного состава частиц и промышленных показателей переработки.

Цель исследования – изучить кинетику изменения температуры и летальности в зоне наименьшего прогревания при термической об-

работке гетерофазной пищевой системы, а также ее реологические свойства.

Задачи: определить кинетику изменения температуры гетерофазной FS в фазах нагрева и охлаждения при стерилизации для получения данных по критерию кумулятивной летальности F в диапазоне температур $t_{st} = 75\text{--}95\text{ }^\circ\text{C}$. Провести анализ реологических свойств гетерофазной FS.

Материалы и оборудование. Для получения обобщенных данных по влиянию свойств дисперсной фазы двухкомпонентных консервируемых продуктов на значения летальности, независимо от частных свойств указанных продуктов, экспериментальные исследования проводили на соке яблочном с мякотью для детского питания промышленного производства, с содержанием рсв 11 % – гетерофазной FS.

Гетерофазную FS прогревали в стеклянной банке III-52-190 с крышкой твист-офф. Диапазон температур термостатирования – 75, 80, 85, 90 и 95 $^\circ\text{C}$. Высота свободного пространства над продуктом 20 мм. В крышке закрепляли штуцер-переходник для герметизированного введения щупа с термопарой ($d = 1,2\text{ мм}$), располагающегося по центральной оси банки на геометрической высоте 18 мм. Продолжительность прогрева FS составляла 55 мин, после чего быстро охлаждали в холодной воде ($t = 21\text{ }^\circ\text{C}$) в течение 15 мин.

Для контроля температуры в процессе тепловой обработки использовали автоматический многоканальный термометр STF9008 (Ellab), подключенный к термопарам. Дискретность контроля – 30 с.

Реологические характеристики определяли с использованием ротационного вискозиметра Thermo Scientific HAAKE Viscotester 550, ПО Thermo Scientific HAAKE RheoWin v. 3.61.0004.

Реологические свойства исследовали в изотермических условиях при температурах 30 и 60 $^\circ\text{C}$ и интервале значений скорости сдвига от 0 до 700 с^{-1} .

Для уменьшения статистической погрешности каждый эксперимент проводили в трехкратной повторности с отсеиванием статистически недостоверных данных.

Математическую обработку проводили с использованием специализированного программного обеспечения TableCurve 2D v. 5.01 (SYSTAT Software Inc.), MS Excel.

Результаты и их обсуждение. Для анализа теплопроводных свойств гетерофазной FS получены графики средних значений температуры t по выборкам из прогревов в пяти повторностях при изотермическом нагреве в диапазоне $t_{st} = 75\text{--}95 \pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 55 мин и охлаждения 15 мин при температуре стоячей воды $t_w = 21 \pm 0,1\text{ }^\circ\text{C}$ в одинаковых условиях, с заменой образцов соков при каждом прогреве (рис. 1).

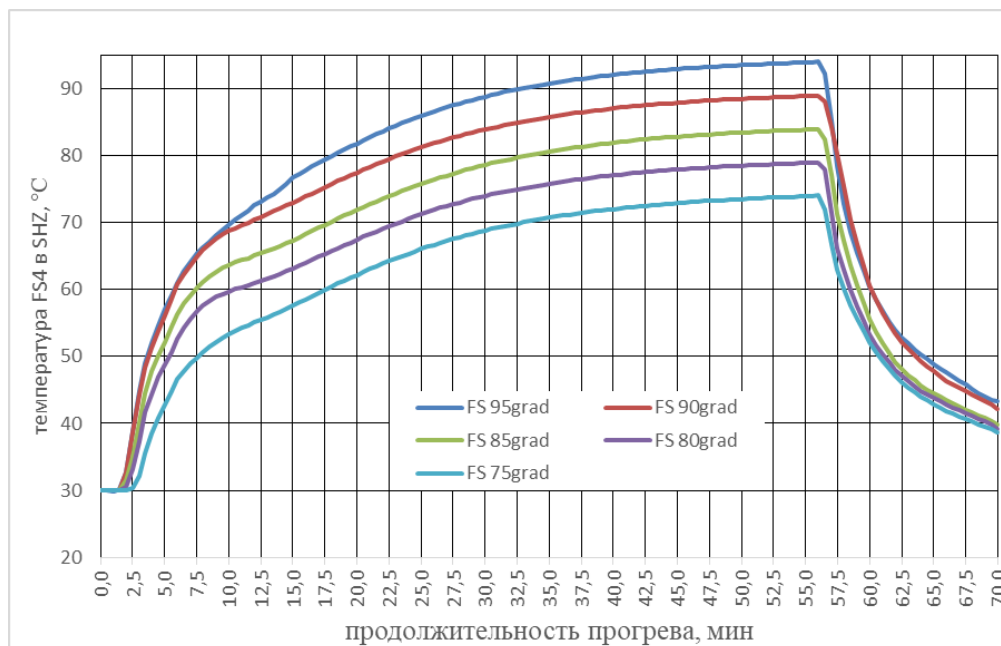


Рис. 1. Термограммы по средним значениям t в SHZ ($h=18\text{ мм}$) из семи прогревов гетерофазной FS с вовлекаемой в конвекцию дисперсной фазой при различных $t_{st} = 75\text{--}95\text{ }^\circ\text{C}$

Полученные термограммы гетерофазной FS отличаются большой вариативностью характера прогрева на начальном этапе, продолжающемся порядка 10 минут. В фазе нагрева нельзя при всех исследованных t_{st} выделить области регулярного теплового режима, и кривые этой области не аппроксимируются с достаточной схожимостью экспонентой. Максимальное значение sd (стандартное отклонение) $t_{st95^\circ} = 6,94$ °C и отмечено на 15-й мин прогрева, при этом $t = 65\text{--}85$ °C. Это вызвано различием нативных теплофизических свойств образцов FS, проявляющихся при больших перепадах температуры теплоносителя и FS, взятых из одной партии одного дня и смены производства.

Процесс нагрева FS развивается через начальную фазу с преобладанием теплопроводности, запуская процесс конвекции. Интенсивность конвекционного течения ослабевает по мере постепенного нагрева жидкости. При достижении равновесной одинаковой температуры в банке процесс конвекции полностью прекра-

щается. При этом определенно, что схемы течения во время фазы с преобладанием конвекции, векторы скоростей во многом зависят от геометрии и положения банки.

На основании данных экспериментальных термограмм прогревов FS для каждой t_{st} определены величины кумулятивной летальности F по формуле (1). Результаты обработки данных прогревов для FS показаны на нижеприведенных графиках летальностей F (рис. 2, 3).

$$F(\tau) = \sum_0^n \Delta\tau \times 10^{\frac{t-t_{ref}}{z}}, \quad (1)$$

где t_{ref} – референтное значение температуры для сравнения летальностей F , °C; z – изменение температуры t , приводящее к десятикратному изменению F , °C.

Для стерилизации (пастеризации) FS при температурах $t_{st} \leq 100$ °C принимали $t_{ref} = 80$ °C, а $z = 15$ °C.

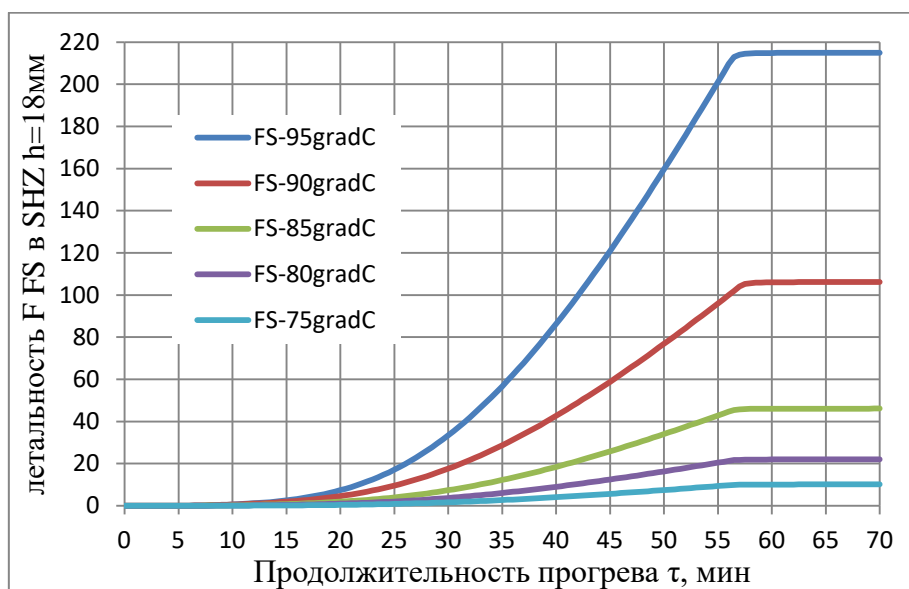


Рис. 2. Зависимости средних по выборке летальностей F гетерофазной FS с вовлекаемой в конвекцию дисперсной фазой в SHZ при $h = 18$ мм от времени прогрева τ (мин) для разных t_{st}

Характер изменения летальности $F(\tau)$ на графиках аналогичен для всего диапазона температур t_{st} 75–95 °C и отличается полученными значениями. Средняя летальность цикла F составила 10,3–223,72 мин соответственно. Среднеквадратичное отклонение расчетных F по выборкам трех прогревов каждой t_{st} составляло не более 0,5 %. Из графиков видно, что кумулятив-

ная летальность $F(\tau)$ увеличивается только в фазе нагрева, а при охлаждении сразу становится постоянной.

Графики зависимости кумулятивной летальности F в SHZ при $h = 18$ мм, аппроксимирующая функция с коэффициентом корреляции 1 и полосы среднеквадратичных отклонений летальности с вероятностью 0,95.

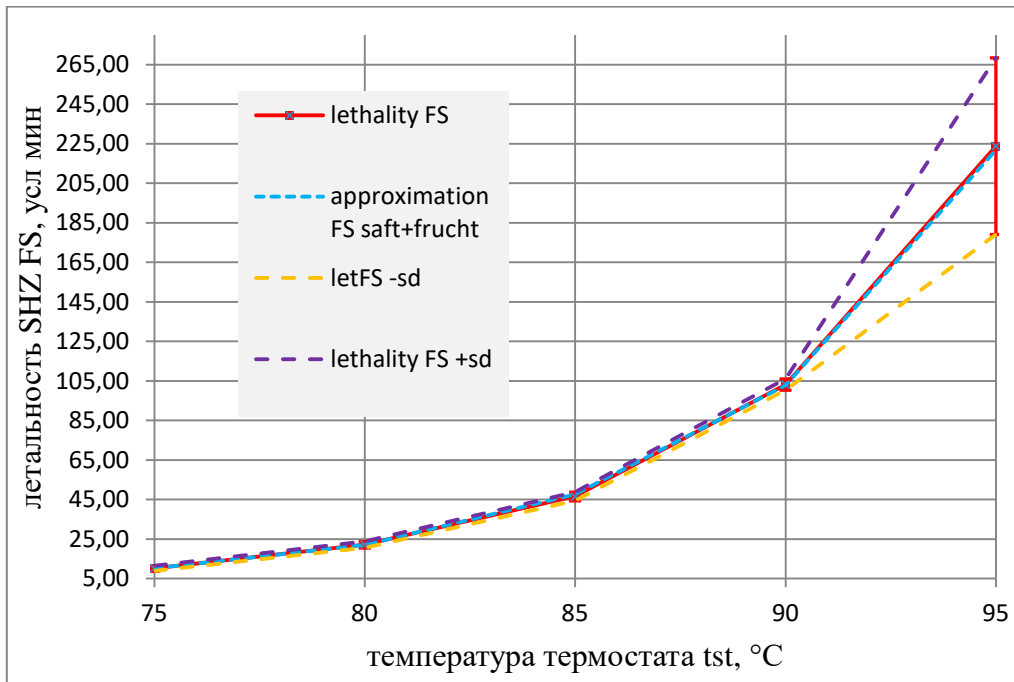


Рис. 3. Зависимости летальности F в SHZ FS при $h = 18$ мм

Стандартное отклонение sd расчетных значений летальностей F по данным выборки из указанных семи прогревов FS составило 20 % при $t_{st} = 95$ °C из-за менявшихся свойств FS в пакетах, взятых из одной партии одного дня производства.

Аппроксимирующая формула кумулятивной летальности F для FS имеет вид

$$F = 10^{1,01+0,0668 \times (t-75)}. \quad (2)$$

Вариация летальности SHZ яблочного сока с мякотью в выборке из одной партии, произведенной в одну смену при семи прогревах с температурой термостатирования 95 °C, составила $\pm 44,7$ условных минуты, или 20 %. Такая вариация летальности F при сохранении стерильности FS указывает на малую значимость этого показателя для продуктов с нечетко выраженным во времени характером теплопередачи.

Стандартное отклонение sd температуры $t(t)$ FS в SHZ по вышеупомянутой выборке прогревов в конце фазы нагрева (на 55-й минуте) составляет $\pm 0,36$ °C, или 0,4 %, т.е. значительно меньше отклонений sd по летальности F . Эти данные показывают, что температуры t даже для FS с разными свойствами к периоду соб-

ственно стерилизации выравниваются при различных летальностях.

Величины t образцов FS при нагреве и собственно стерилизации и их девиации $sd(t)$, а не летальность F , указывают на сходство или различия теплового эффекта, полученного FS с разными свойствами, включая популяции целевых микроорганизмов. Неуправляемые свойства образцов FS, зависящие от сортов и региона выращивания яблок, соотношения пюре и сока, из которых сделан сок с мякотью, техники переработки (дробилок, протилок, гомогенизаторов), оказывают значительное влияние на характер нагрева от t_0 до $t \approx t_{st}$.

Результаты исследований реологических свойств гетерофазной FS показали, что в пределах диапазона нагрева от 30 и 60 °C она имеет свойства неньютоновской жидкости – среды с выраженным нелинейным изменением динамической вязкости при увеличении скорости сдвига (рис. 4). Проявление эффекта «петли гистерезиса» в совокупной динамике вязкости в координатах «динамическая вязкость – скорость сдвига» в процессе трехстадийного механического воздействия «увеличение скорости сдвига – постоянное значение – уменьшение скорости сдвига» может свидетельствовать о тиксотропных свойствах исследуемой гетерофазной FS.

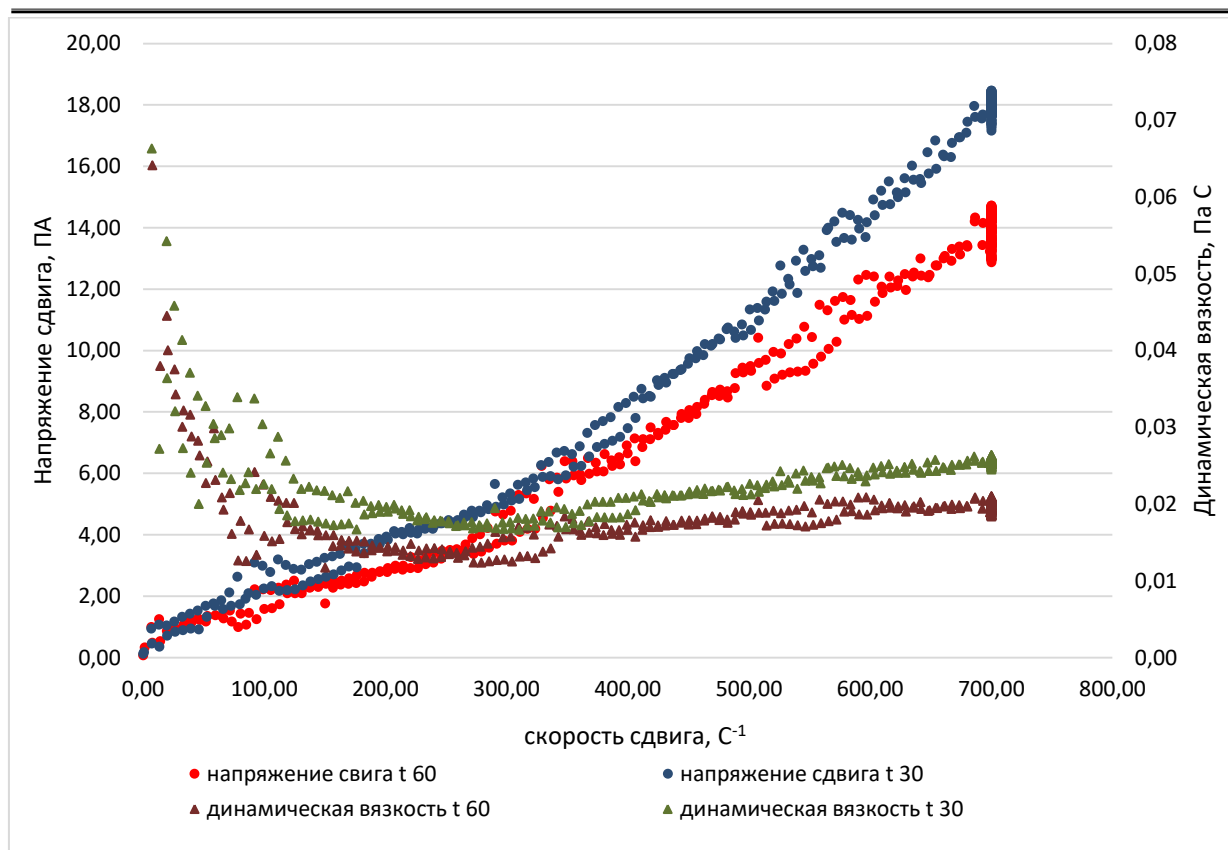


Рис. 4. Зависимости напряжения сдвига и динамической вязкости гетерофазной FS от скорости сдвига и температуры

Зависимость напряжения сдвига от изменения его скорости показывает наличие тиксотропных свойств в гетерофазной FS. При этом увеличение скорости сдвига способствует росту динамической вязкости. В то же время для объектов с температурой 60 °C динамика увеличения напряжения сдвига и значения динамической вязкости ниже, чем для FS, нагретой до 30 °C. Вследствие этого для систем с преимущественно конвективным теплообменом, с изменением реологических свойств при нагревании, в силу неоднородности температур среды должна возникать относительно сложная картина взаимодействия потоков, определяемая нелинейностью динамической вязкости. При этом ожидается зависимость напряжения сдвига от его скорости и температуры среды.

Заключение. На начальном этапе процесс прогрева обладает большой вариативностью, продолжающейся порядка 10 мин. Поэтому в фазе нагрева нельзя при всех исследованных t_{st} выделить области регулярного теплового режима и получить адекватную аппроксимацию.

Различия полученных данных обуславливаются различием нативных теплофизических

свойств образцов FS, проявляющихся при больших перепадах температуры теплоносителя и FS. Изменение температуры FS при прогреве начинается с преобладанием теплопроводности, запуская процесс конвекции, ослабевающей по мере постепенного нагрева жидкости. Процесс прекращается при достижении равновесной одинаковой температуры в банке.

Параметр летальности F , обладающий большой вариативностью, может недостаточно точно отображать эффективность процесса стерилизации FS с нечетко выраженным характером теплопередачи и требует дополнительных расчетов режимов стерилизации.

Гетерофазная FS обладает свойствами неньютоновской жидкости и зависимостью показателей динамической вязкости и напряжения сдвига от его скорости. Для систем с преимущественно конвективным теплообменом и изменением реологических свойств при нагревании должна возникать относительно сложная картина взаимодействия потоков, определяемая нелинейностью динамической вязкости.

Список источников

1. *Бабарин В.П.* Стерилизация консервов: справочник. М.: Гиорд, 2006. 312 с.
2. *Сенкевич В.И.* Научные основы режимов финишной стерилизации жидких консервируемых пищевых систем // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств». 2021. № 2 (48). С. 53–67. DOI: 10.17586/2310-1164-2021-14-2-53-67. EDN QVDJJKG.
3. *Королев А.А., Посокина Н.Е.* Применение расчетных методов и компьютерного моделирования в процессах стерилизации консервированных продуктов // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6. С. 162–170. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-162-170.
4. Миграция зоны наименьшего прогревания гетерофазной пищевой системы для детского питания / *В.В. Кондратенко* [и др.] // Пищевая промышленность. 2021. № 6. С. 49–53. DOI: 10.52653/PPI.2021.6.6.013.
5. Миграция зоны наименьшего прогревания в гетерофазной модельной пищевой системе при стерилизации / *В.В. Кондратенко* [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11 (176). С. 188–197. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-188-197. EDN JBMYYOK.
6. *Albaali G., Farid M.* A new computational technique for the estimation of sterilization time in canned food // Chem. Eng. Process. 2004. № 43. P. 523–531. DOI: 10.13140/RG.2.1.4737.8008.
7. Влияние дисперсной фазы гетерофазных модельных пищевых систем на летальность при финишной стерилизации / *Б.Л. Каневский* [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 4. С. 172–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-172-180.
8. *Pokudina G.P., Trishkaneva M.V., Volkova R.A.* Development of pasteurization modes for high-sugar cans in continuous acting pasteurizers // Food systems. 2019. Vol. 2, № 4. P. 48–52. DOI: 10.21323/2618-9771-2019-2-4-48-52.
9. *Levshenko M.T., Kanevsky B.L.* Calculation optimization of microorganisms required lethality at the sterilization and pasteurization modes development of homogeneous fruit preserves // Collection of scientific papers «Actual problems of the beverage industry». 2018. № 2. P. 81–86. DOI: 10.21323/978–5–6041190–3–7–2018–2–81–86.
10. *Сенкевич В.И.* Технология асептического консервирования // Промышленные технологии консервирования овощей и фруктов: учеб. для вузов. Кемерово, 2018. С. 261–333. EDN XWRKEU.
11. Heating of liquid foods in cans: Effects of can geometry, orientation, and food rheology / *B. Rituraj* [et al.] // Journal of Food Process Engineering, Wiley, 2020, 43 (7), P. e13420. DOI: 10.1111/jfpe.13420.hal-03348104.
12. *Dikeman Ch., Fahey G.* Viscosity as Related to Dietary Fiber: A Review // Critical reviews in food science and nutrition. 2006. Vol. 46. P. 649–663. DOI: 10.1080/10408390500511862.
13. Viscoelastic properties and compensation study of apple juice enriched with apple fiber / *D.E. Salinas* [et al.] // LWT. 2021. 151(2): 111971. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111971.
14. Modeling of rheological properties of cloudy apple juice using master curve / *Z. Kobus* [et al.] // CyTA – Journal of Food. 2019. 17.(1):648-655. DOI: 10.1080/19476337.2019.1630484.
15. Effect of apple fibre addition and temperature on the rheological properties of apple juice and compensation study / *D.E. Salinas* [et al.] // LWT, 2019. 116(8):108456. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108456.

References

1. *Babarin V.P.* Sterilizaciya konservov: spravochnik. M.: Giord, 2006. 312 s.
2. *Senkevich V.I.* Nauchnye osnovy rezhimov finishnoj sterilizacii zhidkih konserviruemyh pischevyh sistem // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Ser. «Processy i apparaty pischevyh proizvodstv». 2021. № 2 (48). S. 53–67. DOI: 10.17586/2310-1164-2021-14-2-53-67. EDN QVDJJKG.
3. *Korolev A.A., Posokina N.E.* Primenenie raschetnyh metodov i komp'yuternogo modelirovaniya v processah sterilizacii konservirovannyh produktov // Vestnik KrasGAU. 2022. № 6. S. 162–170. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-162-170.
4. Migraciya zony naimen'shego progrevaniya geterofaznoj pischevoj sistemy dlya detskogo pitaniya / *V.V. Kondratenko* [i dr.] // Pischevaya promyshlennost'. 2021. № 6. S. 49–53. DOI: 10.52653/PPI.2021.6.6.013.

5. Migraciya zony naimen'shego progrevaniya v geterofaznoj model'noj pischevoj sisteme pri sterilizacii / V.V. Kondratenko [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2021. № 11 (176). S. 188–197. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-188-197. EDN JBMYYOK.
6. *Albaali G., Farid M.* A new computational technique for the estimation of sterilization time in canned food // Chem. Eng. Process. 2004. № 43. P. 523–531. DOI: 10.13140/RG.2.1.4737.8008.
7. Vliyanie dispersnoj fazy geterofaznyh model'nyh pischevyh sistem na letal'nost' pri finishnoj sterilizacii / B.L. Kanevskij [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 4. S. 172–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-4-172-180.
8. *Pokudina G.P., Trishkaneva M.V., Volkova R.A.* Development of pasteurization modes for high-sugar cans in continuous acting pasteurizers // Food systems. 2019. Vol. 2, № 4. P. 48–52. DOI: 10.21323/2618-9771-2019-2-4-48-52.
9. *Levshenko M.T., Kanevsky B.L.* Calculation optimization of microorganisms required lethality at the sterilization and pasteurization modes development of homogeneous fruit preservers // Collection of scientific papers «Actual problems of the beverage industry». 2018. № 2. P. 81–86. DOI: 10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-81-86.
10. *Senkevich V.I.* Tehnologiya asepticheskogo konservirovaniya // Promyshlennye tehnologii konservirovaniya ovoschej i fruktov: ucheb. dlya vuzov. Kemerovo, 2018. S. 261–333. EDN XWRKEU.
11. Heating of liquid foods in cans: Effects of can geometry, orientation, and food rheology / B. Rituraj [et al.] // Journal of Food Process Engineering, Wiley, 2020, 43 (7), P. e13420. DOI: 10.1111/jfpe.13420.hal-03348104.
12. *Dikeman Ch., Fahey G.* Viscosity as Related to Dietary Fiber: A Review // Critical reviews in food science and nutrition. 2006. Vol. 46. P. 649–663. DOI: 10.1080/10408390500511862.
13. Viscoelastic properties and compensation study of apple juice enriched with apple fiber / D.E. Salinas [et al.] // LWT. 2021. 151(2): 111971. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111971.
14. Modeling of rheological properties of cloudy apple juice using master curve / Z. Kobus [et al.] // CyTA – Journal of Food. 2019. 17.(1):648-655. DOI: 10.1080/19476337.2019.1630484.
15. Effect of apple fibre addition and temperature on the rheological properties of apple juice and compensation study / D.E. Salinas [et al.] // LWT, 2019. 116(8):108456. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108456.

Статья принята к публикации 22.09.2022 / The article accepted for publication 22.09.2022.

Информация об авторах:

Алексей Александрович Королев¹, ведущий научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства,

Галина Петровна Покудина², старший научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства

Вячеслав Иванович Сенкевич³, старший научный сотрудник лаборатории процессов и оборудования консервного производства

Information about the authors:

Alexey Alexandrovich Korolev¹, Leading Researcher, Laboratory of Canning Processes and Equipment

Galina Petrovna Pokudina², Senior Researcher, Laboratory of Canning Processes and Equipment

Vyacheslav Ivanovich Senkevich³, Senior Researcher, Laboratory of Canning Processes and Equipment

