

Литература

1. Аймухамедова М.Б. Способы получения пектиновых веществ // Пищ. пром-сть. – 1998. – № 5. – С. 19–20.
2. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. – 430 с.
3. А.с. 2065706 Россия. МКИ А23L1/06. Способ получения желеиног мармелада / Н.П. Шелухина [и др.]. – № 5067485/19; заявл. 20.08.92; опубл. 27.08.96.
4. А.с. 2079225 Россия. МКИ А23L1/06. Способ производства желеиног мармелада / Т.Б. Цыганова [и др.]. – № 94001643; заявл. 17.01.94; опубл. 10.05.97.



УДК 664

Н.В. Цугленок, Г.И. Цугленок, Д.А. Кривов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО ЯБЛОЧНОГО НАПИТКА

В статье рассматриваются результаты исследований по моделированию процесса переработки сырья мелкоплодных яблок и тонизирующих трав, начиная от начального звена линии – бункера с сырьем, до готового продукта – безалкогольного яблочного напитка. Предложенные методы проектирования позволяют отладить режимы работы технологической линии каждого составляющего ее звена для получения качественной продукции.

Ключевые слова: безалкогольный яблочный напиток, мелкоплодные яблоки, звенья, сырье, линия, моделирование.

N.V. Tsuglenok G.I. Tsuglenok, D.A. Krivov

MODELING OF THE TECHNOLOGICAL LINE FOR THE NON-ALCOHOLIC APPLE BEVERAGE PRODUCTION

The article discusses the research results of the process modeling for the raw material processing of small fruited apples and tonic herbs, ranging from the entry-level line - hopper with raw materials to the finished product – non-alcoholic apple beverage. The proposed design methods enable to debug modes of the technological line for each constituent unit for quality products receiving.

Key words: non-alcoholic apple beverage, small-fruited apples, links, raw material, line, modeling.

Введение. Перспективным направлением исследования и создания функционального продукта является переработка мелкоплодных яблок и тонизирующих трав, произрастающих на территории Восточной Сибири. В последние годы во всем мире получило широкое развитие функциональное питание на основе местных ресурсов. Употребление пищевых продуктов из мелкоплодных яблок Восточной Сибири оказывает регулирующее действие на отдельные системы и органы человека.

Изменение образа жизни, характера труда, возрастание стрессовых нагрузок, ситуаций и невысокая продолжительность жизни населения Восточной Сибири выдвигают на первый план решение важнейшего комплекса научных проблем по разработке высокоэффективных технологий и созданию на их основе нового поколения отечественных продуктов здорового питания повышенной пищевой и биологической ценности.

Мелкоплодные яблоки и тонизирующие травы Восточной Сибири являются уникальным источником сырья для полуфабрикатов пищевой промышленности, поскольку обладают необходимым количеством полезных веществ, витаминов, минералов, микро- и макроэлементов. Использование безалкогольного яблочного напитка при разумном употреблении насыщает организм человека полезными микро- и макроэлементами.

Актуальность исследований. Создание новой технологической линии с регулирующими параметрами переработки мелкоплодных яблок в конечный пищевой продукт с натуральными биологически активными веществами, способствующими оздоровлению и повышению качества питания людей [1–5].

Цель исследований. Разработка технологии и модели процессов получения продукта из мелкоплодных яблок Восточной Сибири для улучшения качественного питания населения.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являются звенья технологической линии производства безалкогольного яблочного напитка. Использованы методы теории дифференциальных

уравнений и переходных процессов для установления состояния отдельных звеньев линии и описания динамики в целом.

Результаты исследований и их обсуждение. Предлагаемая схема линии (рис. 1) включает в себя цикл переработки исходного сырья на входе в готовый продукт на выходе.

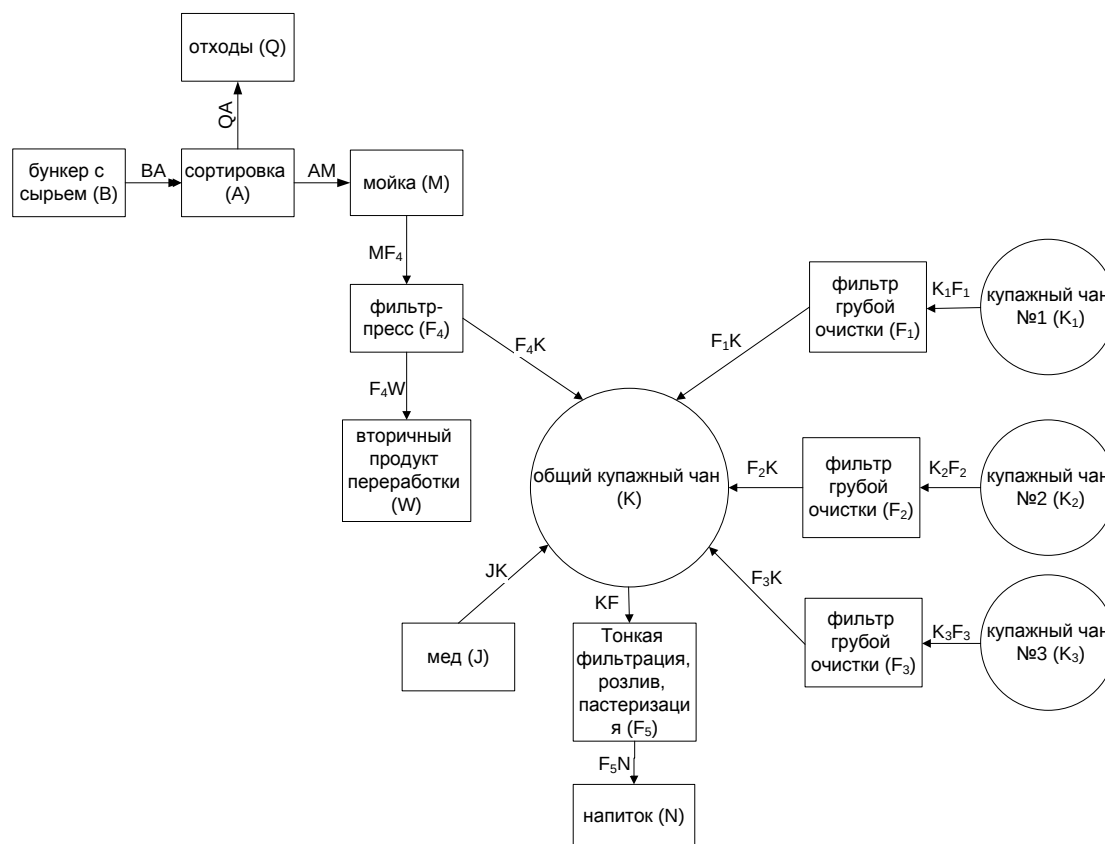


Рис. 1. Схема линии по производству безалкогольного яблочного напитка

Мелкоплодные яблоки в качестве исходного сырья поступают в бункер (В), затем на сортировку (А), где некачественное сырье уходит в отходы (Q), яблоки, прошедшие сортировку, поступают на мойку (М). Далее сырье подается на пресс-фильтр (F_4), где производится отделение жидкой массы (сок) от твердой (яблочного жмыха). Жмых поступает во вторичный продукт переработки (W), а сок в общий купажный чан (К). В общий чан также поступают настои имбиря, гвоздики и полыни после грубой фильтрации (F_1, F_2, F_3) из емкостей (K_1, K_2, K_3) и мед (J).

В общей емкости (К) происходит перемешивание для однородности состава и уже перед получением безалкогольного яблочного напитка (N) осуществляется последняя стадия – тонкая фильтрация, розлив и пастеризация напитка (F_5).

Результатом данного исследования стало получение напитка с новыми показателями, основанного на производстве из местного растительного сырья с меньшими затратами, что позволило расширить ассортимент безалкогольных напитков.

Для моделирования процесса переноса массы сырья при обработке мелкоплодных яблок и тонизирующих трав введем обозначения: $W_B(t)$ – функция состояния бункера с мелкоплодными яблоками; $W_A(t)$ – функция состояния звена сортировки; $W_M(t)$ – мойка; $W_C(t)$ – вырезание сердцевин; $W_S(t)$ – спиртование; $W_G(t)$ – приготовление глазури; $W_{F_4}(t)$ – пресс-фильтр; $W_F(t), W_{F_1}(t), W_{F_2}(t)$ – фильтр грубой очистки; $W_{K_{1,2,3}}(t)$ – фильтры купажного чана № 1, 2, 3; $W_K(t)$ – фильтр общего купажного чана; $W_{F_3}(t)$ – фильтр тонкой очистки в соответствии со структурой технологической линии (см. рис. 1).

Представим производительности звеньев интенсивностями выходных потоков: λ_{BA} – перемещение сырья из бункера на сортировку; λ_{AM} – перемещение отсортированных яблок на мойку и т.д.

Для представления взаимодействий звеньев технологической линии в первом приближении предложена следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
\frac{dW_A(t)}{dt} &= \lambda_{BA} \cdot W_B(t) - \lambda_{AO} \cdot W_A(t) - \lambda_{AM} \cdot W_A(t) - \lambda_{AV} \cdot W_A(t); \\
\frac{dW_O(t)}{dt} &= \lambda_{AO} \cdot W_A(t); \\
\frac{dW_{F_4}(t)}{dt} &= \lambda_{S_1 F_4} \cdot W_{S_1}(t) - \lambda_{F_4 K} \cdot W_{F_4}(t) - \lambda_{F_4 V_1} \cdot W_{F_4}(t); \\
\frac{dW_{V_1}(t)}{dt} &= \lambda_{F_4 V_1} \cdot W_{F_4}(t); \\
\frac{dW_F(t)}{dt} &= \lambda_{K_1 F} \cdot W_{K_1}(t) - \lambda_{FK} \cdot W_F(t); \\
\frac{dW_{F_1}(t)}{dt} &= \lambda_{K_2 F_1} \cdot W_{K_2}(t) - \lambda_{F_1 K} \cdot W_{F_1}(t); \\
\frac{dW_{F_2}(t)}{dt} &= \lambda_{K_3 F_2} \cdot W_{K_3}(t) - \lambda_{F_2 K} \cdot W_{F_2}(t); \\
\frac{dW_K(t)}{dt} &= \lambda_{F_4 K} \cdot W_{F_4}(t) + \lambda_{FK} \cdot W_F(t) + \lambda_{DK} \cdot W_D(t) + \lambda_{F_1 K} \cdot W_{F_1}(t); \\
\frac{dW_N(t)}{dt} &= -\lambda_{F_5 N} \cdot W_{F_5}(t).
\end{aligned}$$

Аналитическое решение задачи Коши является адекватной моделью функционирования технологической линии и ее звеньев:

$$\begin{aligned}
F_4(t) &= \frac{227403}{909440} - \frac{13411678599}{56893173820} e^{\left(-\frac{29t}{10}\right)} - \frac{6988113}{9589000} e^{\left(-\frac{67t}{100}\right)} - \frac{5034447}{784000} e^{\left(-\frac{48t}{25}\right)} \\
&\quad + \frac{74151}{148216} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} + \frac{127481607}{19211626} e^{\left(-\frac{49t}{25}\right)} \\
V(t) &= \frac{2297}{4640} + \frac{135471501}{605246530} e^{\left(-\frac{29t}{10}\right)} - \frac{211761}{223000} e^{\left(-\frac{67t}{100}\right)} - \frac{50853}{196000} e^{\left(-\frac{48t}{25}\right)} + \frac{749}{1528} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} \\
F_1(t) &= \frac{98}{99} - \frac{98}{99} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)}; F_2(t) = \frac{4}{9} - \frac{4}{9} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)}; F_3(t) = \frac{94}{99} - \frac{94}{99} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)}; \\
F_5(t) &= \frac{1185794629}{450172800} - \frac{131447861948799}{2075519874127420} e^{\left(-\frac{29t}{10}\right)} + \frac{1249447230207}{180762189034} e^{\left(-\frac{49t}{25}\right)} \\
&\quad - \frac{5482512783}{753424000} e^{\left(-\frac{48t}{25}\right)} - \frac{68490495513}{9819136000} e^{\left(-\frac{67t}{100}\right)} - \frac{2736164673}{2964320000} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} t^2 \\
&\quad - \frac{3809041340096497}{6810074623360000} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} t + \frac{590940931448041279862477}{123909281621348646297600} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} \\
K(t) &= \frac{1185794629}{450172800} + \frac{1327756181301}{10866596199620} e^{\left(-\frac{29t}{10}\right)} - \frac{691823187}{306848000} e^{\left(-\frac{67t}{100}\right)} \\
&\quad + \frac{166136751}{24304000} e^{\left(-\frac{48t}{25}\right)} - \frac{27638027}{14821600} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} t - \frac{12620679093}{1863527722} e^{\left(-\frac{49t}{25}\right)} \\
&\quad - \frac{3809041340096497}{6741973877126400} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} \\
W(t) &= \frac{22058091}{90944000} t + \frac{1300932824103}{16499020407800} e^{\left(-\frac{29t}{10}\right)} + \frac{677846961}{642463000} e^{\left(-\frac{67t}{100}\right)} \\
&\quad + \frac{162780453}{50176000} e^{\left(-\frac{48t}{25}\right)} - \frac{749}{1528} e^{\left(-\frac{99t}{100}\right)} - \frac{127481607}{38819368} e^{\left(-\frac{49t}{25}\right)} - \frac{16734097912331}{27707217305600}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N(t) = & \frac{13013338332931101}{601900763496951800} e^{\left(-\frac{29}{10}t\right)} - \frac{123695275790493}{35429389050664} e^{\left(-\frac{49}{25}t\right)} \\
 & + \frac{180922921839}{48219136000} e^{\left(-\frac{48}{25}t\right)} + \frac{1185794629}{454720000} t + \frac{6780559055787}{657882112000} e^{\left(-\frac{67}{100}t\right)} \\
 & + \frac{2736164673}{2964320000} e^{\left(-\frac{99}{100}t\right)} t^2 + \frac{16507874550575697}{6810074623360000} e^{\left(-\frac{99}{100}t\right)} t \\
 & - \frac{287546270783913469050029}{123909281621348646297600} e^{\left(-\frac{99}{100}t\right)} - \frac{22680418742290307}{2743014513254400}
 \end{aligned}$$

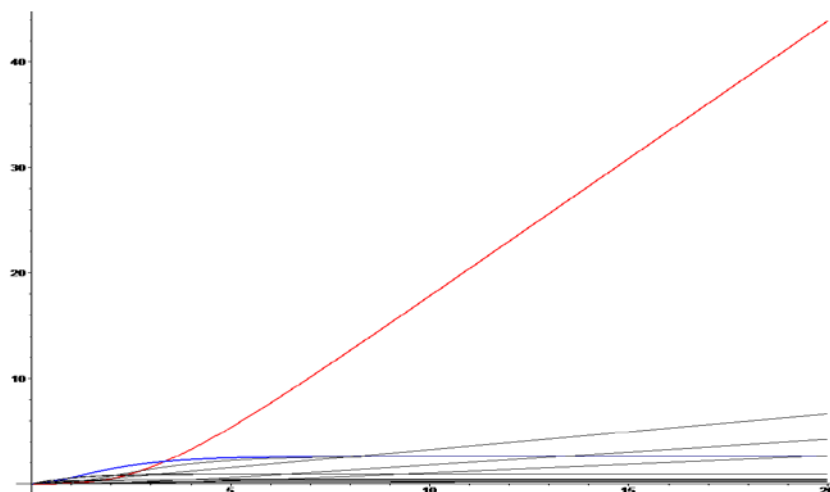


Рис. 2. Изменение объёмов сырья и готовой продукции в звеньях с течением времени от момента запуска технологической линии

Методом вычислительного эксперимента при варьировании интенсивностей переходных процессов и начальных данных показано, что технологическая схема устойчива, и построен график изменения массы сырья при обработке (рис.3).

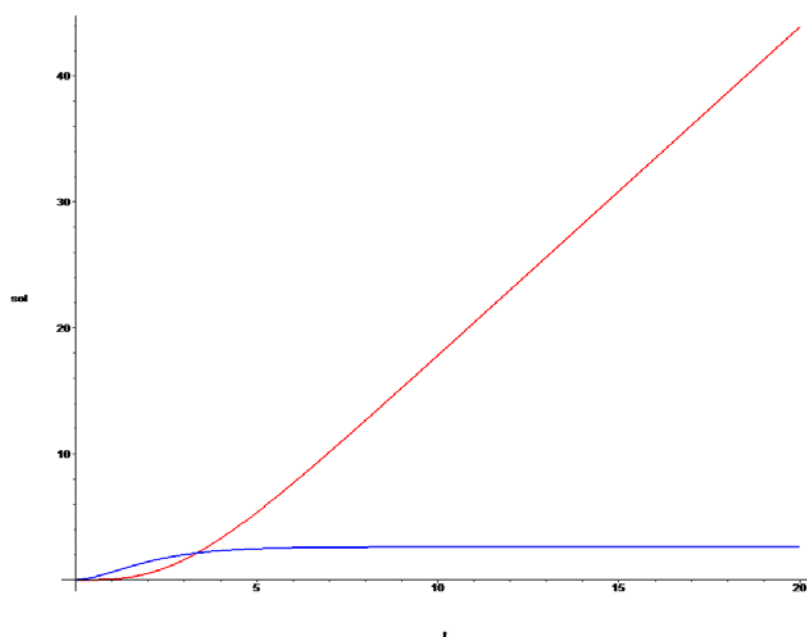


Рис. 3. Накопление безалкогольного яблочного напитка в лимитирующем звене массы сырья при обработке на технологической линии: 1 – $M_B(0) = m_1$; 2 – $M_B(0) = m_2$; t_0 – начало и t_k – конец выхода продукции

Таким образом, проектирование технологической линии обработки мелкоплодных яблок с оптимальными интенсивностями процессов, сохраняющих функциональность конечного продукта, позволяет определить и установить временные границы технологического производства с учетом выбранных режимов переработки.

Выводы

1. Предложенная модель получения функционального продукта – безалкогольного яблочного напитка на основе местного растительного сырья мелкоплодных яблок, меда и тонизирующих трав – позволяет выбрать оптимальные режимы переработки и сохранить большинство полезных свойств сырья.

2. При моделировании технологической линии с изменением времени t масса накопленного продукта увеличивается до уровня загружаемого сырья за вычетом технологических потерь. Установлено, что в конечный момент обработки t_k масса сырья достигает своего предельного значения.

Литература

1. *Кривов Д.А.* Получение полуфабрикатов функциональных продуктов из мелкоплодных яблок Восточной Сибири // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: тр. III Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
2. *Кривов Д.А.* Насыщение продуктов питания функциональными свойствами сырья мелкоплодных яблок Восточной Сибири // Технология и продукты здорового питания: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. аграр. ун-та, 2011.
3. Формирование научно-исследовательской системы аналитического мониторинга и моделирования / *Н.В. Цугленок, Г.И. Цугленок, Д.А. Кривов* [и др.]; под общ. ред. *Н.В. Цугленка*. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 319 с.
4. Моделирование научно-технологических программ развития АПК / *Н.В. Цугленок, Г.И. Цугленок, Д.А. Кривов* [и др.]; под общ. ред. *Н.В. Цугленка*. – Красноярск: Изд-во ФГУП НТЦ "Информрегистр", 2010. – 838 с.
5. *Вентцель Е.С.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов / *Е.С. Вентцель, А.А. Овчаров*. – Изд. 2-е, стереот. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.

