

2. Скрипников Ю.Г., Коровкина М.Ю. Использование тыквы для производства консервов // Труды ВГАУ. – Воронеж, 2003. – Т. 2. – Ч 1.
3. Типсина Н.Н. Производство мучных кондитерских изделий: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2007. – 172 с.
4. Типсина Н.Н., Струпан Е.А., Полякова Т.В. Мучные кондитерские изделия: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2007. – 135 с.



УДК 664

С.В. Глазырин

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЙНО-ФРУКТОВОГО МАРМЕЛАДА ИЗ МЯКОТИ ПЛОДОВ ЧЕРЁМУХИ

*В статье рассматриваются результаты исследований по моделированию процесса переработки сырья мякоти черёмухи, начиная от начального звена линии – бункеров с сырьем – до лимитирующего с этапом получения готовых продуктов желейно-фруктового мармелада. Предложенные методы проектирования позволяют отладить режимы работы технологической линии и каждого составляющего ее звена для получения качественной продукции.*

**Ключевые слова:** желейно-фруктовый мармелад, черёмуха, технологическая линия.

S.V. Glazyrin

### TECHNOLOGICAL LINE MODELING FOR JELLY-FRUIT MARMALADE PRODUCTION FROM THE BIRD-CHERRY FRUIT PULP

*The research results on the treatment process modeling of bird-cherry pulp raw stuff, starting from initial line section – raw stuff bunker – to the limiting with the stage of the jelly-fruit marmalade finished product receiving are considered in the article. The proposed design methods enable to adjust technological line modes and its every component in order to receive high-quality production.*

**Key words:** jelly-fruit marmalade, bird-cherry, technological line.

**Введение.** Мармелад из мякоти плодов черёмухи занимает особое место в функциональном питании. Его основой являются натуральные и полезные вещества (фруктоза, глюкоза, сахароза, пектин, органические кислоты, аминокислоты, Р-активные вещества, витамины А, Е, С, микроэлементы – магний, калий, медь, железо, кальций), которые не содержат калорий, улучшают функционирование организма, выводят токсины, снижают уровень холестерина [1].

Существующие технологические схемы производства мармеладов используют различные виды ягод (малина, крыжовник, смородина, вишня и т.д.) и фруктов (айва, яблоки, абрикосы и др.) [2, 5]. Черёмуху в этом виде кондитерского изделия не используют. В работе предлагается модернизировать линию по производству мармелада и заменить сырьё на мякоть плодов черёмухи. Это связано с широким ареалом произрастания и низкой себестоимостью сырья [3].

Согласование рецептуры по основным ингредиентам мармелада с режимными параметрами его производства направлено на создание нового функционального продукта с высокими органолептическими качествами.

Важнейшей задачей по модернизации кондитерского производства мармелада является автоматизация основных технологических звеньев и процессов с доведением до предельного состояния выпуска продукции. В связи со сказанным необходимо уделить особое внимание упаковке и расфасовке продукции, выпуску в удобном для потребителя виде.

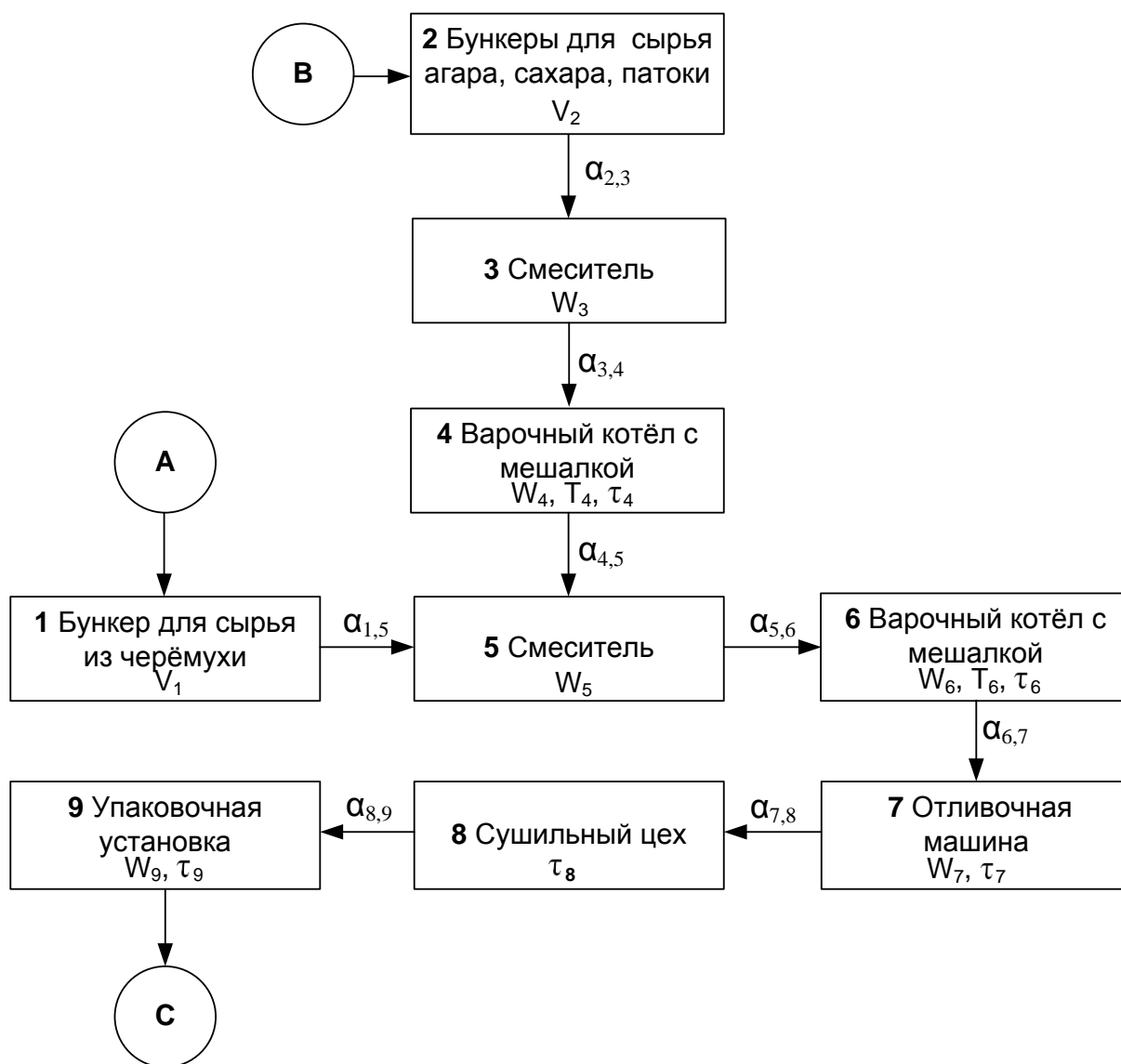
**Актуальность исследований.** Замена трудоёмких процессов на разрабатываемые переналаживающиеся поточные линии позволит создать новый продукт потребления с функциональными свойствами. Мо-

делирование и оптимизация технологической линии позволят выбрать эффективные режимные параметры для получения желеино-фруктового мармелада из мякоти плодов черёмухи. Предложенная линия обеспечит изготовление мармелада с содержанием функционального сырья (мякоти плодов черёмухи) с минимальным числом оборудования.

**Цель исследований.** Разработка проекта и модели формирования непрерывной линии для массового производства желеино-фруктового мармелада из мякоти плодов черёмухи, исследование технических процессов и финального состояния аппаратно-машинной системы.

**Объекты и методы исследований.** Закономерности изменения нагрузки на звенья технологической линии, переходные процессы, режимы производства желеино-фруктового мармелада из мякоти плодов черёмухи. Использован аппарат математического моделирования пакета Maple.

**Результаты исследований и их обсуждения.** Предлагаемый проект технологической линии включает в себя принципиальную схему с циклом обработки сырья и с учётом размещения машин для тепловой, механической обработки, получения изделий отливкой и их упаковки (рис.).



Аппаратно-машинная схема поточного производства желеино-фруктового мармелада из мякоти плодов черёмухи

Для того чтобы применить математический аппарат для изучения функционирования аппаратно-машинной схемы, разработаем математическую модель этой системы. Прежде всего определяем совокуп-

ность технических средств и режимных параметров, которые будут служить количественными характеристиками. Затем установим соотношения между состоянием звеньев, интенсивностями, системы в целом (табл.).

### Состав аппаратно-машинной схемы

Звено	Название, модель оборудования	Модельные параметры
1	Бункер	$V_1$
2	Бункер	$V_2$
3	Смеситель-гомоненизатор ГМ-ГУРТ; МГ-УГМ; ССК-П6100ЛАСУ; ССК-БК-170ЛАСУ	$V_2, W_2, W_3$
4	Котёл КПЭ 60; КПЭ 100	$V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4$
5	Смеситель-гомоненизатор ГМ-ГУРТ; МГ-УГМ; ССК-П6250ЛАСУ; ССК-БК-170ЛАСУ	$V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5$
6	Котёл КПЭ 160; КПЭ 250	$V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6$
7	Отливочная машина АК-1023 MOULDTRAY-200; АК-1021 MULTICAST-200	$V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7$
8	Сушильный цех (сушильные шкафы МХШС-01; МХШС-01-К; Универсал-СД-3)	$V_1, V_2, \tau_8$
9	Упаковочная установка ВН-500; МГУ-НОТИС-135	$V_1, V_2, \tau_8, \tau_9, W_9$

Эксплуатация технологической линии предусматривает три этапа: начальный (1–5), основной (5–6), завершающий (7–9).

Мякоть плодов черёмухи в качестве исходного сырья поступает в бункер 1, и параллельно агар, сахар и патока – в бункер 2. Затем сырьё из бункера 2 поступает в смеситель 3, и далее в течение 5 минут происходит приготовление агаро-сахаро-паточного сиропа в варочном котле с мешалкой 4, где сироп уваривают до массовой доли сухих веществ 73–77 %. Этот сироп является полуфабрикатом мармелада. Мякоть плодов черёмухи из бункера 1 и сироп из варочного котла 4 одновременно поступают в смеситель 5, из которого попадают в варочный котёл с мешалкой 6 для приготовления мармеладной массы. Смешивание сырья лимитируется временными нормами 5–7 минут. Процесс варки происходит при температуре 106–108 °С. После варки мармеладная масса поступает в отливочную машину 7, с помощью которой происходит заполнение форм для формирования и студнеобразования мармеладной массы. Студнеобразование происходит в течение 40 минут при температуре 70 °С.

Сушка и охлаждение мармелада производятся в сушильном цехе 8 при температуре 45 °С в течение 15 часов, а после мармелад охлаждается при температуре 10–15 °С в течение 2 часов. Далее следует упаковка и маркирование в упаковочной установке 9.

Для разработки аналитической модели введём следующие обозначения для звеньев и интенсивностей потоков между ними:  $X_k$  –  $k$ -е звено технологической линии,  $\alpha_{k, k+1}$ :  $X_k \rightarrow X_{k+1}$  – интенсивность потока из  $k$ -го звена в  $(k+1)$ -е. Обозначим функцию состояния звена  $X_k$  в момент времени  $t$  через  $x_k(t)$ . Изменение состояния звена описывается разностью входящих и исходящих потоков по временному параметру  $t$ . Например, состояние звена 3 характеризуется дифференциальным уравнением первого порядка

$$x_3'(V_2, W_2, W_3, t) = \alpha_{2,3}(V_2) \cdot x_2(V_2, t) - \alpha_{3,4}(W_3) \cdot x_3(V_2, W_2, W_3, t)$$

и начальным условием  $x_3(0) = 0$ , в котором интенсивность  $\alpha_{2,3}$  зависит от объёма бункера  $V_2$ ,  $\alpha_{3,4}$  – от скорости смешивания  $W_3$ , соответственно процессы в звеньях 2 и 3 имеют режимные параметры  $V_2, W_3, W_4$ . На начало процесса при  $t=0$  полагаем, что в смесителе не содержится сырьё.

Модель функционирования линии представим системой дифференциальных уравнений с учётом режимных параметров:

$$x_1'(V_1, t) = \alpha_A \cdot x_A(t) - \alpha_{1,5} x_1(V_1, t), \quad (1)$$

$$x_2'(V_2, t) = \alpha_B \cdot x_B(t) - \alpha_{2,3}(V_2) \cdot x_2(V_2, t),$$

$$\begin{aligned}
 x_3'(V_2, W_2, W_3, t) &= \alpha_{2,3}(V_2) \cdot x_2(V_2, t) - \alpha_{3,4}(W_3) \cdot x_3(V_2, W_2, W_3, t), \\
 x_4'(V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4, t) &= \alpha_{3,4}(W_3) \cdot x_3(V_2, W_2, W_3, t) - \\
 &\quad - \alpha_{4,5}(W_5) \cdot x_4(V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4, t), \\
 x_5'(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t) &= \alpha_{1,5}(V_1) \cdot x_1(V_1, t) + \\
 + \alpha_{4,5}(W_5) \cdot x_4(V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4, t) - \alpha_{5,6}(W_5) \cdot x_5(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t), \\
 x_6'(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t) &= \alpha_{5,6}(W_5) \cdot x_5(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t) - \\
 &\quad - \alpha_{6,7}(T_6, \tau_6, W_6) \cdot x_6(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t), \\
 x_7'(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t) &= \alpha_{6,7}(T_6, \tau_6, W_6) \cdot x_6(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t) - \\
 &\quad - \alpha_{7,8}(W_7, \tau_7) \cdot x_7(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t), \\
 x_8'(V_1, V_2, \tau_8, t) &= \alpha_{7,8}(W_7, \tau_7) \cdot x_7(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t) - \\
 &\quad - \alpha_{8,9}(\tau_8) \cdot x_8(V_1, V_2, \tau_8, t), \\
 x_9'(V_1, V_2, \tau_8, \tau_9, W_9, t) &= \alpha_{8,9}(\tau_8) \cdot x_8(V_1, V_2, \tau_8, t) - \\
 &\quad - \alpha_C \cdot x_9(V_1, V_2, \tau_8, \tau_9, W_9, t).
 \end{aligned}$$

За начало процесса примем  $t=0$ , соответствующее загрузке сырья в бункеры 1 и 2, и поставим начальные условия для системы уравнений (1). В звеньях 1 и 2 имеется изначальный объём сырья  $a$  и  $b$ , а звенья 3-9 имеют нулевое значение, так как в момент времени  $t=0$  в них не происходит никаких процессов. Таким образом получим

$$\begin{aligned}
 x_1(0) &= a, \quad x_2(0) = b, \\
 x_3(0) &= 0, \quad x_4(0) = 0, \quad x_5(0) = 0, \quad x_6(0) = 0, \quad x_7(0) = 0, \quad x_8(0) = 0, \quad x_9(0) = 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

где  $a$  – объём сырья в бункере 1;  $b$  – в бункере 2.

Поставленная задача Коши (1)–(2) является математической моделью системы переходных процессов, а её решение описывает динамику отдельных технологических процессов и состояний звеньев.

Исследуем финитное состояние технологической системы, составив и решив систему линейных уравнений, соответствующих исходной системе (1):

$$\begin{aligned}
 \alpha_A \cdot x_A(t) - \alpha_{1,5} x_1(V_1, t) &= 0, \\
 \alpha_B \cdot x_B(t) - \alpha_{2,3}(V_2) \cdot x_2(V_2, t) &= 0, \\
 \alpha_{2,3}(V_2) \cdot x_2(V_2, t) - \alpha_{3,4}(W_3) \cdot x_3(V_2, W_2, W_3, t) &= 0, \\
 \alpha_{3,4}(W_3) \cdot x_3(V_2, W_2, W_3, t) - \alpha_{4,5}(W_5) \cdot x_4(V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4, t) &= 0, \\
 \alpha_{1,5}(V_1) \cdot x_1(V_1, t) - \alpha_{5,6}(W_5) \cdot x_5(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t) &= 0, \\
 \alpha_{5,6}(W_5) \cdot x_5(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t) - \\
 - \alpha_{6,7}(T_6, \tau_6, W_6) \cdot x_6(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t) &= 0 \\
 \alpha_{6,7}(T_6, \tau_6, W_6) \cdot x_6(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t) - \\
 - \alpha_{7,8}(W_7, \tau_7) \cdot x_7(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t) &= 0 \\
 \alpha_{7,8}(W_7, \tau_7) \cdot x_7(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t) -
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$-\alpha_{8,9}(\tau_8) \cdot x_8(V_1, V_2, \tau_8, t) = 0,$$

$$\alpha_{8,9}(\tau_8) \cdot x_8(V_1, V_2, \tau_8, t) - \alpha_C \cdot x_9(V_1, V_2, \tau_8, \tau_9, W_9, t) = 0.$$

В результате решения данной системы с помощью Maple получены соотношения, связывающие интенсивность с состоянием звеньев:

$$\begin{aligned} x_1(V_1, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t)}{\alpha_{1,5}(V_1)}, \\ x_2(V_2, t) &= \frac{\alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{2,3}(V_2)}, \\ x_3(V_2, W_2, W_3, t) &= \frac{\alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{3,4}(W_3)}, \\ x_4(V_2, T_4, \tau_4, W_3, W_4, t) &= \frac{\alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{4,5}(W_5)}, \\ x_5(V_1, V_2, T_4, \tau_4, W_4, W_5, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t) \cdot \alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{5,6}(W_5)}, \\ x_6(V_1, V_2, T_6, \tau_6, W_5, W_6, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t) \cdot \alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{6,7}(T_6, \tau_6, W_6)}, \\ x_7(V_1, V_2, T_6, \tau_6, \tau_7, W_6, W_7, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t) \cdot \alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{7,8}(W_7, \tau_7)}, \\ x_8(V_1, V_2, \tau_8, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t) \cdot \alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_{8,9}(\tau_8)}, \\ x_9(V_1, V_2, \tau_8, \tau_9, W_9, t) &= \frac{\alpha_A \cdot x_A(t) \cdot \alpha_B \cdot x_B(t)}{\alpha_C}, \end{aligned} \quad (4)$$

зависящие от соотношения объёмов бункеров 1 и 2. Соотношение объёмов регулируется заданной рецептурой, поэтому с учётом системы [4] технологическую линию всегда можно адаптировать под конечный продукт.

Перспектива развития модельного подхода лежит в плоскости обобщения сырья с учётом его реологических свойств, и, соответственно, предложенный подход делает возможной модернизацию технологической линии для других плодово-ягодных смесей.

### Выводы

1. Разработанные принципиальная схема и математическая модель аппаратно-машинной системы производства нового функционального продукта – желеино-фруктового мармелада из мякоти плодов черёмухи – позволяют подбирать режимные параметры и соотношение компонентов сырья под конкретную рецептуру.

2. Вычисленные закономерности изменения нагрузки на звенья технологической линии, технология и средства предложенной аппаратно-машинной схемы могут быть использованы в производственных предприятиях АПК.

### Литература

1. Костылев А.А., Стулко Т.В. Особенности переработки плодов черёмухи обыкновенной // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы Междунар. заоч. науч. конф. (15 октября 2012 г.). – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2012.
2. Новое в технике и технологии мармелада функционального назначения / Г.О. Магомедов [и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. технол. акад., 2009.
3. Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР: атлас / ред. А.В. Положий, Г.Г. Постова-лова, А.И. Толмачев [и др.]. – 2-е изд., испр. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. – 222 с.

4. Формирование научно-исследовательской системы аналитического мониторинга и моделирования / Н.В. Цугленок, Г.И. Цугленок, С.В. Глазырин [и др.] / под общ. ред. Н.В. Цугленка. – Красноярск: Информрегистр, 2010. – 319 с.
5. URL: <http://foodblogger.ru/articles/polza-i-vred-marmelada/>.



УДК 612.39+613.21+641.1/5:005.52(571.51)

*Г.А. Губаненко, Е.А. Речкина,  
Л.П. Рубчевская, Н.А. Величко, А.И. Машанов*

#### **АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

*В статье представлены результаты исследования потенциала региональной инфраструктуры, среды, инновационной деятельности предприятий пищевой промышленности, экономического благосостояния населения для создания тематического кластера по производству функциональных пищевых продуктов.*

**Ключевые слова:** функциональные пищевые продукты, тематический кластер, инновационное развитие, инфраструктура, среда.

*G.A. Gubanenko, Ye.A. Rechkina,  
L.P. Rubchevskaya, N.A. Velichko, A.I. Mashanov*

#### **THE ANALYSIS OF THE KRASNOYARSK TERRITORY POTENTIAL FOR THEMATIC CLUSTER FORMATION FOR THE FUNCTIONAL FOODSTUFF PRODUCTION**

*The research results on the regional infrastructure potential, the environment, the food industry innovation activity, the population economic well-being to create the thematic cluster for the functional foodstuff production are presented in the article.*

**Key words:** functional foodstuff, thematic cluster, innovation development, infrastructure, environment.

---

**Введение.** Одной из главных проблем современного этапа развития российской экономики и общества является проблема продовольственной безопасности и обеспечения населения продовольственными продуктами. Важнейшим условием для успешной реализации государственной политики по обеспечению продовольственной безопасности РФ является переход агропромышленного производства, включая предприятия пищевой и перерабатывающей отрасли, на инновационно-инвестиционный путь развития.

Курс на инновационную экономику определен руководством страны как основа ее дальнейшего развития. Необходимость новых инновационных подходов к развитию предприятий по производству продуктов питания обусловлена усилением внутриотраслевой конкуренции, возникновением определенной конкуренции с товарами-заменителями, ростом и изменением структуры потребительского спроса, давлением со стороны производителей сырья, низким уровнем новизны товаров и др.

Насыщение продовольственного рынка продукцией отечественного производства предполагает эффективное функционирование предприятий пищевой промышленности, поскольку именно от объема производства продуктов питания, их качества и цены зависит не только уровень жизни населения, но и развитие экономики в целом, продовольственная и экономическая безопасность страны, учитывающая требования повышения уровня продовольственной обеспеченности как важнейшей составляющей качества жизни населения.

В интересах реализации стратегических национальных приоритетов Российской Федерации одним из приоритетных направлений государственной политики является инновационное развитие государства, регионов, отраслей, что должно формировать экономические условия для вывода на рынок конкурентоспособной инновационной продукции. Реализация стратегии по обеспечению продовольственной безопасности России на региональном уровне возможна при условии инновационного развития агропромышленного комплекса, в том числе предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, при наличии единой системы: инновационная среда, законодательная база, ресурсы, научные и образовательные учреждения и т.д.

Для достижения поставленных целей инновационного развития отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности необходимым условием является оптимальное объединение возможностей и усилий государственных, образовательных, научных, производственных и рыночных структур, как основных участников