

## РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства (технические науки)  
DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.01.001  
УДК 664:004.9

### МАСТЕР ПОДБОРА РЕЦЕПТУР НЕСЛАДКИХ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗАКУСОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

О.И. Аксенова, Д.А. Миронычев, Г.В. Алексеев, И.С. Сырокоренский

*Совокупность современного темпа жизни и популяризации здорового образа жизни привели к росту спроса на закусочные продукты сбалансированного состава, в частности, экструдированные снеки. Широкий ассортимент используемого сырья и ограничения процесса экструзии приводят к усложнению большого объема вычислений при разработке новых рецептур, которые можно упростить, используя специальные программные продукты. Программа «Мастер подбора рецептур несладких экструдированных закусочных продуктов», приведенная в статье, предназначена для быстрого и простого расчета и оптимизации рецептур снеков сбалансированного состава на основе сырья растительного и животного происхождения. В ней предусмотрены возможность работы с базой данных сырьевых ингредиентов, оптимизация рецептур в соответствии с концепцией сбалансированного питания в условиях ограничений технологического процесса и себестоимости готового продукта, формирование рецептуры и результатов расчета в виде удобных для восприятия отчетов. Для разработки использовался язык программирования Java и стандартные методики для расчета рецептур и пищевой ценности. Программа разработана с учетом требований многоуровневой архитектуры, оптимизации рецептур по совокупности заданных критериев и ограничений, формировании результатов отчета в текстовом виде и организации взаимодействия с пользователем по средствам интуитивно понятного интерфейса. Экономическая эффективность от использования программы заключается в снижении издержек производства на разработку новых рецептур снеков и составляет около 480 тысяч рублей в год.*

*Ключевые слова: компьютерные программы, расчет и оптимизация рецептур, экструдаты, снеки, сбалансированное питание, автоматизация процесса разработки рецептуры, язык программирования Java, пористая структура, волокнистая структура, упрощение производства, термопластическая экструзия.*

Современный темп жизни привел к тому, что снеки, являющиеся на рынке относительно новой категорией продуктов питания, регулярно употребляют 10 % населения в США, Европе и России. Так, в денежном выражении продажи снеков в России за 2017–2020 г. выросли на 254 млрд. рублей, что, по мнению аналитиков «Nielsen», обусловлено расширением ассортимента продукции отечественных производителей. При этом в 2020–2022 гг. прогнозируется незначительный спад рынка, за счет роста популярности здорового образа жизни [1]. Однако данная тенденция может быть удовлетворена производством снеков сбалансированного состава, снеков с пониженным содержанием жира, соли или сахара, снеков пониженной калорийности, обогащенных витаминами, пищевыми волокнами и другими функциональными ингредиентами [2]. Исследователи компании «NeoAnalytics» прогнозируют развитие рынка снеков за счет увеличения доли продукции, отвечающей требованиям здорового питания, развития продукции премиального сегмента, а также переходу к

технологиям «полного цикла» [1]. Таким образом, в настоящее время формируется новая идеология производства снеков, происходит пересмотр традиционно сложившихся принципов переработки сырья и обеспечения безопасности снеков, идет активный поиск путей повышения глубины переработки сырьевых ресурсов, интенсифицируются и совершенствуются технологические процессы [3].

Необходимо отметить, что рецептурный состав снеков, отвечающих концепции сбалансированного питания или относящихся к функциональным продуктам, довольно сложен. При этом при разработке новых рецептур таких продуктов большое значение имеет возможность моделирования потребительских характеристик готовых изделий и прогнозирование их функционально-технологических свойств на стадии составления рецептурных смесей. Сложность задачи расчета рецептур экструдированных снеков усугубляется большим количеством используемых видов основного и вспомогательного сырья, достаточным количеством ограничений, на-

кладываемых параметрами технологического процесса экструзии, в связи с чем расчет рецептур связан с выполнением большого объема рутинных вычислений, требует значительных затрат времени, имеет высокую вероятность возникновения и накопления ошибок в вычислениях. Решение таких задач затруднительно без использования современных компьютерных технологий, которые позволяют оперативно реагировать на изменение потребительских предпочтений и создавать продукты с заранее заданным составом, функциональной направленностью и высокой пищевой ценностью [4].

Актуальность разработки программного обеспечения для расчёта и оптимизации рецептур, сбалансированных экструдированных снеков, определяется современным образом жизни городского населения, ростом спроса на экструдаты, информационной неопределённостью качества сырья и ингредиентов и другими негативными факторами.

В настоящее время многие производители при разработке новых рецептур продуктов питания обращаются к пакетам специализированных программ, подтверждая результаты расчета незначительным экспериментом, что позволяет им сократить временные затраты на разработку нового продукта и снизить влияние человеческого фактора при расчете. Например, для разработки рецептур функциональных безалкогольных напитков из растительного сырья [5] и продуктов питания нового поколения [6] предлагается использовать системы автоматизированного проектирования. В исследовании [7] предложена программа для ведения базы данных кулинарных рецептов, учета продуктов, составления и калькуляции блюд, расчета цен, в [8] – программа для разработки рецептур композиций из растительного сырья, позволяющая разрабатывать рецептуры пищевых концентратов из плодоовощного сырья в соответствии с принципами сбалансированного питания. Для производственных нужд разработан комплекс программ для технологов «Технолог-кулинар», «Технолог-кондитер», «Технолог-хлебопек» [9], а также программы для разработки рецептур функциональных продуктов питания «Generic 2.0» [10], «Etalon» [11] – мясных изделий и специализированных продуктов, «МультиМит Эксперт» [12] – для мясных и рыбных изделий. Предложены программы, представляющие базы рецептур в соответствии с ХАССП для хлебопекарных и кондитерских производств [13]. Отметим, что в программах для расчета рецептур для общественного питания преобладают системы

управления базами данных, которые автоматически формируют отчетную документацию. Например, программы R-Keeper [14] – для ресторанов, «Шеф Эксперт» [15], «ХАССП-Общепит.2» [9] – для организаций общественного питания, «Питание в детском саду» [16], «АВЕРС: расчет меню питания» [17] – для питания в дошкольных учреждениях, «Школьное питание» и «ХАССП Школьное питание» [9], «ШкоОптиПит» [18], «Система расчетов для общественного питания 5 версии» [10] – для питания в школьных учреждениях и «ХАССП – Лечебное питание» [9] – для питания в лечебных учреждениях. В результате анализа представленного на рынке программного обеспечения не было выявлено программ для разработки рецептур несладких экструдированных снеков, что говорит об актуальности представленного решения. Так как одним из направлений работы авторов является создание сбалансированных рецептур экструдированных снеков на основе картофеля [19], то разработка соответствующего программного обеспечения входит в сферу научных интересов авторов.

Цель исследования: разработка программы для расчета и оптимизации рецептур несладких экструдированных снеков, в которой предусмотрены следующие функции: возможность работы с базой данных сырьевых ингредиентов, оптимизация рецептур в соответствии с концепцией сбалансированного питания в условиях ограничений технологического процесса экструзии и себестоимости готового продукта, формирование рецептуры и результатов расчета в виде удобных для восприятия отчетов.

В основу научной концепции исследования положены принципы системного анализа, методология постепенной формализации в принятии решений, методы исследования операций и математического программирования, методы информационного моделирования систем.

Для разработки программы использовался язык программирования Java и стандартная методика расчета, приведенная в работе [20]. Программа разработана с учетом требований многоуровневой архитектуры, оптимизации рецептур по совокупности заданных критериев и ограничений, формированию результатов отчета в текстовом виде и организации взаимодействия с пользователем по средствам понятного интерфейса. Система состоит из трех модулей: информационного, расчетного и оптимизационного. Информационный модуль представляет собой базу данных, включающую сведения нут-

## МАСТЕР ПОДБОРА РЕЦЕПТУР НЕСЛАДКИХ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗАКУСОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

риентном составе пищевого сырья и физиологических нормах питания для взрослого населения, при этом данных о физиологических нормах питания различных социальных групп населения не требуются, поскольку снеки не являются основным продуктом питания. В базу данных внесена информация для основных видов сырья:

- группа «основное крахмальное сырье»: кукуруза (в среднем), рис, гречиха, картофель сушеный;

- группа «белковое сырье»: соя, фасоль, люпин, сублимированное мясо птицы, сублимированный отварной минтай, сухое обезжиренное молоко, меланж сухой, рыбный порошок из побочных продуктов переработки лососевых рыб;

- группа «сырье, богатое пищевыми волокнами»: отруби пшеничные, свекловичный жом, морковный порошок, яблочный порошок, сушеная солодовая дробина.

Процентное содержание крахмального сырья в рецептуре относительно общей массы смеси определяет структуру готового продукта: пористая (расширенная) или волокнистая (мясоподобная). Белковое сырье и сырье, богатое пищевыми волокнами, включается в рецептуру для увеличения пищевой ценности готового продукта. Добавление в базу данных сырья побочных продуктов перерабатывающих производств позволит не только улучшить пищевую ценность готового продукта за счет увеличения доли белков и пищевых волокон, но и снизить себестоимость готового снека [21].

В расчетном модуле осуществляется выбор и запись компонентов базы данных информационного модуля, производятся расчеты многокомпонентных рецептур, расчеты пищевой ценности и нормы удовлетворения суточной потребности в питательных веществах. В модуле оптимизации происходит подбор компонентов рецептуры пищевой ценности и формуле сбалансированного питания с учетом ограничений по условиям технологического процесса и себестоимости продукта. На первом этапе осуществляется выборка желаемых сырьевых ингредиентов, ввод критериев готового продукта и ограничений технологического процесса. Пользователю предлагается выбрать по одному рецептурному ингредиенту из каждой группы, интерфейс окна выбора данных представлен на рисунке 2. После задания входных параметров происходит автоматический расчет и дальнейшее формирование рецептурного состава несладкого закусочного продукта.

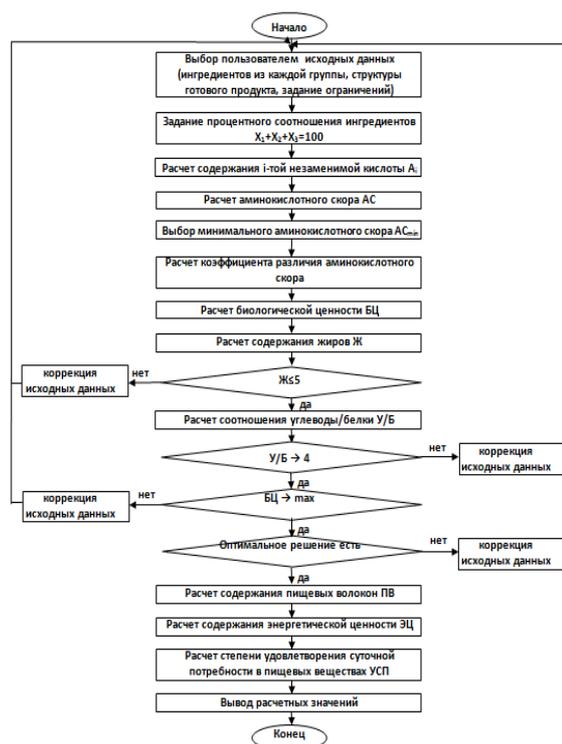


Рисунок 1 – Алгоритм расчета

Рисунок 2 – Окно ввода данных

Алгоритм рассчитывает процентное соотношение компонентов в рецептурной смеси, таким образом, чтобы разрабатываемый продукт обладал максимальной биологической ценностью. Программа предлагает наилучшее сочетание, основываясь не только на максимальном значении биологической ценности, но и близости отношения углеводы-белки к рекомендованному, в соответствии с теорией сбалансированного питания. Алгоритм программы также отклоняет варианты сочетаний ингредиентов, при которых уровень жира в рецептурной смеси для расширенных снеков превышает 5 %, поскольку иначе готовый продукт не будет обладать

желаемыми органолептическими свойствами [22, 23]. После оптимизации рецептуры программа рассчитывает содержание воды, макро- и микронутриентов в готовом снеке, энергетическую ценность, а также степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека 100 граммами закусочного продукта. Результаты расчётов выводятся на экран, как показано на рисунке 3, или могут быть сохранены в файл.

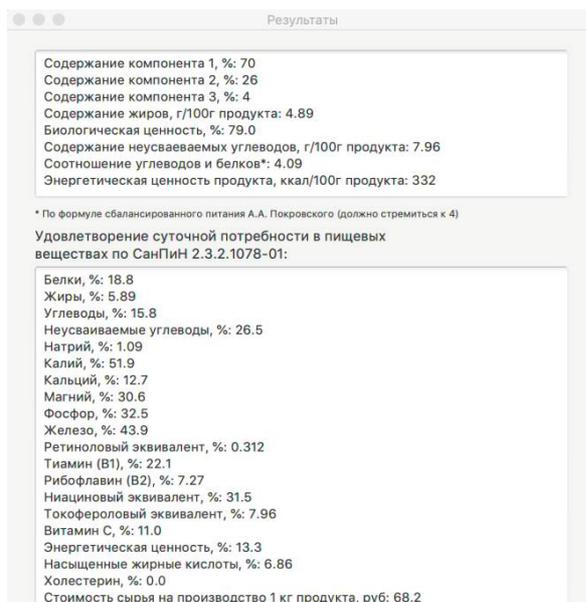


Рисунок 3 – Окно вывода расчета

Программа призвана упростить процесс разработки новых рецептур снеков, исключив операции расчета, и оставив только производственную апробацию. Интуитивно понятный пользовательский интерфейс делает работу с программой максимально комфортной.

Таким образом, на основе комплексного анализа основных закономерностей процесса экструзии совместно с физико-химическими и структурно-механическими характеристиками сырья разработана автоматизированная программа «Мастер подбора рецептур несладких экструдированных закусочных продуктов», которая позволяет легко и быстро рассчитать рецептуры широкого ассортимента сбалансированных снеков, на основе сырья растительного и животного происхождения. Экономическая эффективность предлагаемой программы заключается в снижении издержек производства на разработку новых рецептур снеков и составляет около 480 тыс. руб. в год для предприятий, производящих 40–50 тонн снеков в год.

Поскольку эксперты прогнозируют дальнейшее развитие российского рынка закусоч-

ных продуктов [1, 24], то предлагаемое в работе решение будет актуально в ближайшие несколько лет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальный анализ и прогнозы российского рынка снеков [Электронный ресурс]. 2019. 23 июля. – URL : <https://ssnab.ru/ru/analytics/aktualnyj-analiz-i-prognozy-rossijskogo-rynka-snekov> (дата обращения 25.10.2019).
2. Бизнес пищевых ингредиентов online. Хрустящий рынок: лидируют несладкие снеки [Электронный ресурс]. – URL : <http://bfi-online.ru/aviews/index.html?msg=6659> (дата обращения 27.10.2019).
3. Токарев, А.В. Модели и методы управления производством колбасных изделий заданного качества [Текст] : дис...канд. тех. наук. 05.18.04 / Токарев Алексей Валентинович. – М., 2016. – 159 с.
4. Донских, Н.В. Разработка автоматизированной системы для расчета и оптимизации рецептур [Текст] / Н.В. Донских, Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, Д.В. Леонов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2011. – № 2. – С. 122–123.
5. Седых, О.Л. Разработка рецептур для коэкструдированных продуктов методом компьютерного программирования / О.Л. Седых, Е.В. Запотоцкая // Технические науки – от теории к практике. – 2013. – № 18. [Электронный ресурс]. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retsepturdlya-koekstruzionnyh-produktov-metodom-kompyuternogo-programmirovaniya> (дата обращения 02.10.2019).
6. Свидетельство 2007610187 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Кулинарные рецепты / И.В. Абрамов; заявитель и правообладатель ООО «Простой софт» – № 2016613093 ; заявл. 04.04.2016; опубл.29.08.2016.
7. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2007610187. Разработка рецептур композиции из растительного сырья (РКРС) / И.А. Бугаец, Ф.М. Москаленко, М.Ю. Тамова, Н.А. Бугаец. Заявлено № 20006613856 от 15.11.2006.
8. ExpertSoft. Программы для разработки рецептур [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.esnask.ru/programmi.html> (дата обращения 9.10.2019).
9. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2005611720. Программа для автоматизированного проектирования, расчета и оценки качества многокомпонентных рецептур пищевых продуктов Generic-2.0. / А.А. Запорожский, В.А. Запорожский ; заявитель и правообладатель ГОУ ВПО КубГТУ – № 2005611157; заявл. 23.05.2005; опубл. 12.07.2005.
10. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2005610751. «Etalon» / А.А. Борисенко ; опубл. 30.03.2005.
11. «МультиМит Эксперт» программный комплекс для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности [Электронный ресурс]. – URL :

## МАСТЕР ПОДБОРА РЕЦЕПТУР НЕСЛАДКИХ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗАКУСОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

<http://www.multimeat.ru/download/mmedemo> (дата обращения 1.11.2019).

12. Хабибулин, Р.Э. Современные программы автоматизированного расчета рецептур комбинированных пищевых продуктов / Р.Э. Хабибулин, С.А. Жакслыкова, О.А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 21. [Электронный ресурс]. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-programmy-avtomatizirovannogo-raschyota-retseptur-kombinirovannyh-pischevyh-produktov> (дата обращения 11.11.2019).

13. Как работает комплекс R-Keeper? [Электронный ресурс]. – 2015.16.10. – URL : [https://www.penza-press.ru/kak\\_rabotaet\\_kompleks\\_keeper.dhtm](https://www.penza-press.ru/kak_rabotaet_kompleks_keeper.dhtm) (дата обращения 5.10.2019).

14. Программный центр. Программы серии «Питание» [Электронный ресурс]. – URL : <https://pbprog.ru/products/pitanie.php> (дата обращения 15.11.2019).

15. «Вижен-софт» автоматизация питания. Программы для организации питания в детских садах, школах, а также в детских домах и учреждениях санаторно-курортного лечения [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.pitaniesoft.ru/solution/detpitanie/det-pitanie.php> (дата обращения 4.10.2019).

16. Электронная школа Аверс. ИАС «Аверс: Расчет меню питания» [Электронный ресурс]. – URL : <http://umic.ucoz.ru/index/0-12> (дата обращения 5.10.2019).

17. Свидетельство на программу для ЭВМ № 2005612711. Электронный ресурс для расчета рационов школьного питания (ШкоОптиПит) / Н.Г. Колесникова, А.С. Бородихин, Н.Т. Шамкова, Г.М. Зайко, А.А. Григорьев ; заявитель и правообладатель ГОУ ВПО КубГТУ. – № 2005612189 ; заявл. 24.08.2005; опубл. 12.11.2005.

18. Аксенова, О.И. Разработка способа производства экструдированных картофелепродуктов в экструдере с динамической матрицей [Текст] / О.И. Аксенова, М.В. Копылов // Ползуновский вестник. – 2019. – № 1. – С. 3–10.

19. Singh, S. Nutritional aspects of food extrusion : A review / S. Sing, S. Gamlath, L. Wakeling //

International Journal of Food Science & Technology. – 2007. – № 42 (8). – P. 916–929.

20. Vasilenko, V.N. Energy-efficient press for oil-bearing crops / V.N. Vasilenko, L.V. Frolova, N.A. Mikhailova, K.Y. Rusina, D.A. Tarkaeva // Russian Engineering research. – 2017. – № 4 (37) – P. 330–331.

21. Василенко, В.Н. Научное обеспечение производства полноценных коэкструдированных и экспандированных комбикормов [Текст] : дис...д-ра техн. наук. 05.18.12 / Василенко Виталий Николаевич. – Воронеж, 2010 – 268 с.

22. Jafari, M. Effect of extrusion cooking on chemical structure, morphology, crystallinity and thermal properties of sorghum flour extrudates / M. Jafari, A. Koocheki, E. Milani // Journal of Cereal Science. – 2017. – № 75. – P. 324–331.

23. Balntic, J.B. Production of third-generation snacks / J.B. Balntic, J. Babic, A. Jozinovic, D. Ackar, B. Milicevic, B. Muhamedbegovic, D. Subaric // Croatian Journal of Food Science and Technology. – 2018. – № 10 (1). – P. 98–105.

24. Урубков, С.А. Разработка диетических экструдированных поликомпонентных продуктов со льном / С.А. Урубков, А.А. Королев, И.С. Коптяева, Л.Я. Корнеева // Ползуновский вестник. – 2018. – № 4. – С. 84–88.

**Аксенова Ольга Игоревна, аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, Университет ИТМО, e-mail: [oksi280491@yandex.ru](mailto:oksi280491@yandex.ru).**

**Миرونчев Дмитрий Александрович, магистрант факультета программной инженерии и компьютерной техники, Университет ИТМО, e-mail: [movrix@yandex.ru](mailto:movrix@yandex.ru).**

**Алексеев Геннадий Валентинович, д-р техн. наук, проф., профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, Университет ИТМО, e-mail: [gva2003@mail.ru](mailto:gva2003@mail.ru).**

**Сырокоренский Илья Сергеевич, магистрант кафедры «Технологические машины и оборудование», филиал ГОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, e-mail: [sirokorensky@mail.ru](mailto:sirokorensky@mail.ru).**