

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Архипова Даниила Сергеевича на тему «Моделирование и разработка 3D-печатного комбинированного продукта на молочной основе», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы**

Диссертационная работа Д.С. Архипова находится на переднем крае пищевой науки, поскольку посвящена решению принципиально новой для молочной отрасли задачи – созданию научно обоснованной технологии 3D печатного комбинированного продукта на молочной основе. Актуальность темы определяется глобальным трендом перехода к персонализированному питанию и необходимостью поиска технологических платформ, способных обеспечить производство продуктов с программируемыми составом, формой и потребительскими свойствами. Автор справедливо отмечает, что существующие молочные системы для 3D-печати характеризуются узкой областью применения и отсутствием систематизированных подходов к проектированию, что придает работе выраженную научную и практическую значимость.

Методологический подход диссертанта заслуживает высокой оценки. Архиповым Д.С. выполнено объемное междисциплинарное исследование, гармонично сочетающее методы физико-химического анализа молочных систем, реологические испытания, математическое моделирование на основе теории упругопластических деформаций, потребительское анкетирование с охватом 1211 респондентов из 12 стран, а также разработку программного обеспечения. Такой комплексный подход позволил автору не просто создать рецептуру, а разработать цельную методологию проектирования 3D-продукта с интегрированной моделью расчета параметров, учитывающей геометрические, конструктивные и реологические факторы.

К наиболее существенным научным результатам работы следует отнести следующие: предложен и экспериментально обоснован новый оценочный критерий – коэффициент спонтанной деформации, позволяющий количественно характеризовать формоустойчивость напечатанного изделия. Доказана превалирующая роль массовой доли белка в составе пищевых чернил как ключевого фактора, определяющего стабильность геометрической формы 3D-продукта. С применением функции желательности Харрингтона установлены рациональные интервалы содержания белка для систем на основе сухого обезжиренного и сухого цельного молока. Разработана теоретическая модель предельного равновесия, базирующаяся на гипотезе Людвика, которая позволяет рассчитывать максимальные напряжения сдвига, растяжения и сжатия в сечениях изделия и прогнозировать его устойчивость. Сравнение расчетных и экспериментальных значений пределов текучести выявило существенный запас прочности для всех исследованных рецептур, что подтверждает корректность предложенной модели. Наконец, создано программное обеспечение, решающее как прямую, так и обратную задачу проектирования от свойств материала к геометрии и от геометрии к требуемым свойствам.

Практическая ценность работы не вызывает сомнений. Разработаны технические условия ТУ 10.51.40-111-00419785-2025 на сыр плавленый

«ПринтЧиз», технология апробирована и внедрена на предприятиях сегмента HoReCa. Расчет экономической эффективности показал срок окупаемости менее 8 месяцев, что создает реальные предпосылки для тиражирования предложенного решения. Выпуск монографии в соавторстве, четырех статей в журналах перечня ВАК, получение свидетельства о регистрации программы для ЭВМ подтверждают высокий уровень представления работы научному сообществу.

Вместе с тем, при ознакомлении с авторефератом возникли следующие вопросы:

1. В анкетировании приняли участие респонденты из 12 стран. Стоит пояснить, наблюдались ли статистически значимые различия в потребительских предпочтениях между российскими и зарубежными респондентами?

2. Разработанная Вами теоретическая модель прочностных характеристик апробирована на объекте кубической формы. Насколько заложенные основы применимы к объектам других форм?

Заданные вопросы имеют дискуссионный характер, не затрагивает существа защищаемых положений и не снижает общей высокой оценки диссертационного исследования. Диссертационная работа Архипова Данилы Сергеевича на тему «Моделирование и разработка 3D-печатного комбинированного продукта на молочной основе» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по созданию аддитивной технологии молочного продукта с интегрированной методологией проектирования. Работа полностью соответствует требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор, Архипов Данила Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3 Пищевые системы.

Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании технического совета протокол № 319 от 30 апреля 2026 г.

Директор ГБУ Ярославский государственный институт качества сырья и пищевых продуктов, д.т.н., заслуженный работник пищевой индустрии РФ  
150030, г. Ярославль,  
Московский пр-т., 76а  
т. (4852) 44-59-34, 44-74-84  
e-mail: [milkyar@mail.ru](mailto:milkyar@mail.ru)

Гаврилов Гавриил Борисович



Я, Гаврилов Гавриил Борисович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Архипова Данилы Сергеевича и их дальнейшую обработку.

Подпись руки директора ГБУ ЯО ЯГИКСПП  
заверяю

секретарь НТС, к.т.н.

Филиппов Александр Анатольевич

*А.Ф.*  
30.04.26