

## ОТЗЫВ

доктора технических наук **Николаева Андрея Николаевича** на автореферат диссертационной работы **Казарцева Дмитрия Анатольевича** «Развитие научно-практических основ сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

Одним из важнейших направлений современного агропромышленного комплекса является оснащение перерабатывающих производств высокотехнологичным отечественным оборудованием с высоким уровнем экономичности, энерго- и ресурсосбережения, экологической чистоты. Сушка растительного сырья является одним из наиболее распространенных и важных процессов пищевой промышленности, оказывающим непосредственное влияние на сохранность сырья и готовой продукции. Это делает чрезвычайно важными задачами, как совершенствование существующих типов сушильного оборудования, так и создание принципиально новых. В связи с этим, выбранная тематика исследований, безусловно, является актуальной.

Актуальность проведенных исследований подтверждается также тем, что они были поддержаны Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационные России», Стратегической программой исследований технологической платформы «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания», а также рядом российских и региональных программ финансирования.

Целью диссертационной работы является теоретическое и экспериментальное исследование процессов сушки пищевых продуктов с использованием СВЧ-энергоподвода на основе разработки методологии использования законов химической кинетики и моделирования, а также развитие научных основ выбора температурных режимов и совершенствование методов расчета технологии и оборудования для сушки.

В диссертационной работе Казарцева Д.А. получены сведения по температурной зависимости для равновесной влажности семян кориандра, расторопши, яблок и плодов смородины черной, определены формы связи влаги с перечисленными растительными материалами, получены эмпирические зависимости для определения температуропроводности, теплопроводности и теплоемкости перечисленных материалов, а также коэффициента диэлектрических потерь, от их влагосодержания и температуры.

В результате экспериментальных исследований на оригинальных разработанных автором опытных установках с СВЧ-энергоподводом получены кривые сушки, скорости сушки и температурные кривые для яблок, смородины, семян кориандра и расторопши при различных значениях режимных параметров и определено влияние этих параметров на скорость сушки.

Доказана возможность применения теории кинетики гетерогенных химических процессов к описанию процессов сушки и показано, что сушка протекает подобно гетерогенной реакции твердое тело – газ. В результате скорость процесса сушки выражалась с помощью кинетического уравнения Аррениуса с использованием эффективных параметров уравнения, учитывающих виды энергии связи влаги с материалом. Используя разработанные подходы, получена математическая модель комбинированного процесса сушки. Разработаны методики определения порядка сушки по результатам исследования продуктов на термогравиметрическом инфракрасном влагомере, величины энергии активации в периоде постоянной скорости сушки. Обоснована и подтверждена функциональная взаимосвязь между

степенью обезвоживания и степенью поглощения энергии продуктом, а также взаимосвязь между тепло- и массообменом в периоде убывающей скорости сушки.

Разработана методика и выбраны тепловые режимы сушки термолабильного сырья на основе изучения кинетики изменения его качественных характеристик. Разработаны концептуальные подходы к созданию высокоэффективных способов и оборудования для сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом, рекомендации для выбора значений режимных параметров сушки.

Практическая значимость работы заключается в том, что автором обоснованы рациональные режимы сушки с СВЧ-энергоподводом яблок, смородины, семян кориандра и расторопши. Разработаны и защищены патентами Российской Федерации способы определения формы связи влаги с материалом, технологические линии комплексной переработки растительного сырья, конструкции высокоинтенсивных аппаратов для сушки растительных продуктов (всего 22 патента). Результаты работы приняты к внедрению на ряде промышленных предприятий, в том числе ООО «Авангард», ООО «Тигровый орех», ООО «Энергия природы», ООО «Техинмаш», ООО «Завод Воронеж Агромаш».

Результаты, полученные в диссертационной работе, широко опубликованы в печати и описания их содержатся в 91 работе, в том числе в 6 статьях в журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science, 24 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 6 монографиях и 22 патентах.

По автореферату можно сделать следующее замечание:

- 1) В автореферате не приведены сведения об экономических показателях эффективности разработанных установок и оборудования.

Указанное замечание не влияет на общее положительное впечатление о работе.

Считаю, что диссертационная работа Казарцева Дмитрия Анатольевича «Развитие научно-практических основ сушки пищевых продуктов с СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов» по актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств, являясь законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области развития процессов и оборудования для переработки продукции агропромышленного комплекса, а также методов их расчета, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие пищевой отрасли промышленности России, а ее автор заслуживает присвоения искомой степени.

Доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой оборудования пищевых  
производств ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский  
технологический университет»,  
420015, г. Казань, ул. К.Маркса, 68,  
тел.: 8(843)231-43-61,  
e-mail: andr\_nik\_nik@rambler.ru

Николаев Андрей Николаевич

11 апреля 2022 г.

