

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казарцева Дмитрия Анатольевича  
*«Развитие научно-практических основ сушки пищевых продуктов с  
СВЧ-энергоподводом на основе законов химической кинетики гетерогенных процессов»*  
на соискание учёной степени доктора технических наук  
по специальности 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»

Процесс сушки пищевого сырья является одним из важнейших в пищевых технологиях. Сушка используется как для придания полуфабрикатам необходимых технологических свойств и повышения пищевой ценности, так и с целью консервирования. В последнем случае зачастую к процессу сушки предъявляют требование обратимости процесса обезвоживания. При этом зачастую возникает дилемма: наиболее обратимые способы обезвоживания (сублимационная и холодная вакуумная сушка) требуют не только больших энергозатрат, но и длительного времени, тогда как одна из наиболее быстрых – горячая сушка - приводит к наибольшим изменениям в сырье и полуфабрикатах, необратимо снижающим пищевую и биологическую ценность. В данной работе соискатель уделяет внимание обоим нюансам, применяя для энергоподвода СВЧ-энергию. Данный подход позволяет наиболее равномерно подвести тепловую энергию ко всему объёму высушиваемого материала, не допуская пересушивания поверхностного слоя за счёт термомассопереноса влаги, характерного для конвективной горячей сушки.

Соискатель использует современные методы математического моделирования для исследования закономерностей процессов обезвоживания, обращая внимание не только на широко известную теорию сушки, но и на применение законов химической кинетики, редко используемой в теории сушки. В ходе анализа результатов автор опирается на реальные процессы обезвоживания, что доказывает достоверность полученных закономерностей.

Несмотря на преимущества работы, имеется ряд замечаний по данному автореферату:

1. Соискатель приводит условные обозначения на с. 35 автореферата, что, на наш взгляд, удобно и правильно. Однако некоторые довольно важные для понимания его подхода величины там отсутствуют и не очень хорошо прокомментированы по тексту автореферата. В частности, величина  $\alpha$ , присутствующая в формулах 5 и 6, отсутствует в обозначениях. При этом наиболее близкая по написанию (до ошибки идентификации) величина  $\alpha$  (коэффициент температуропроводности) имеет совершенно другой смысл, её производная по времени ни в коем случае не может быть названа «скоростью процесса сушки».

2. Несмотря на то, что автореферат имеет ограниченный объём и требует сокращения приведённых материалов, объединять разнородные графики на одном рисунке

следует не в ущерб наглядности. В частности, такое объединение безусловно допустимо, если обе оси на графиках совпадают, а значения лежат в близких диапазонах; может быть приемлемо, если совпадает лишь одна ось, а две другие делаются отдельно. Но объединять на одном графике два совершенно разноплановых, имеющих разные как абсциссы, так и ординаты, на наш взгляд, нецелесообразно. Автор работы делает именно это на рисунках 5, 7, 9, 11, 13, 15, в результате чего проанализировать содержимое этих графиков затруднительно. Возможно, более целесообразно было бы объединять кривую сушки и температурную кривую сушки, или же вообще опустить кривую сушки, поскольку именно на её основе строится кривая скорости сушки, включающая все необходимые закономерности, но более наглядно позволяющая выявить периоды сушки.

3. На наш взгляд, соискателю следовало бы в автореферате уделить больше внимания оценке практической составляющей работы. Наличие апробации и промышленного внедрения, безусловно, является позитивным аспектом, однако следовало бы указать, какие позитивные эффекты и в какой степени при этом были достигнуты по сравнению с традиционными способами сушки, например, сокращение продолжительности процесса, улучшение пищевой, биологической ценности, снижение энергозатрат и/или снижение себестоимости продукции.

4. На стр. 23 автореферата указывается, что чрезмерное увеличение СВЧ-мощности может привести к большим градиентам температуры и влагосодержания внутри продукта, и, как следствие, нарушению структуры продукта. Следовательно, чтобы избежать возникновения объёмного напряжённого состояния внутри продукта при комбинированной сушке с СВЧ-энергоподводом предпочтительнее использовать импульсные режимы подвода СВЧ-мощности. Однако из текста автореферата непонятно, как экспериментально использовались данные режимы? К сожалению, в автореферате нет сведений о параметрах импульсных режимов при комбинированной сушке с СВЧ-энергоподводом и критериях их выбора.

5. В условных обозначениях на стр. 35 автореферата пропущен символ обозначения кинетического коэффициента.

Вместе с тем, несмотря на приведённые недочёты, работа представляет существенный научный и практический интерес, фактически претендуя на основание отдельной отрасли теории сушки; по своей актуальности, новизне и значимости полученных результатов она соответствует критериям, установленным к докторским диссертациям согласно «Положению о присуждении ученых степеней» (разд. II, п.9-14), утверждённому Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. Автор работы,

Казарцев Дмитрий Анатольевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств».

Заведующий кафедрой технологий пищевых производств ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор

Владимир Александрович Гроховский

Профессор кафедры технологий пищевых производств ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент

Василий Игоревич Волченко

Старший научный сотрудник кафедры технологий пищевых производств ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет», кандидат технических наук, доцент

Михаил Александрович Ершов

18.03.2022 г.

Подписи Гроховского В.А., Волченко В.И. и Ершова М.А. заверяю

Учёный секретарь ФГАОУ ВО «МГТУ»



Т.В. Пронина

Почтовый адрес: 183010, г. Мурманск, ул. Спортивная, 13  
ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет»  
Гроховский Владимир Александрович  
Тел. (8152)40-32-66; E-mail: [v.grokhovsky@mail.ru](mailto:v.grokhovsky@mail.ru)  
Волченко Василий Игоревич  
Тел. (8152)40-33-26; E-mail: [daesher@mail.ru](mailto:daesher@mail.ru)  
Ершов Михаил Александрович  
Тел. (8152)40-35-45; E-mail: [maershov@mail.ru](mailto:maershov@mail.ru)