

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО СЫРЬЯ

**Попов В.П.**

**Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Наиболее распространенным методом, применяемым для получения мелкодисперсной пищевой продукции, является воздушная сушка. Процесс сушки пищевого сырья с получением высококачественных порошков осуществляется распылительными сушилками с прямоточным, противоточным и смешанным движением сушильного агента – воздуха.

Современная тенденция развития сушильной технологии – обеспечение максимальной интенсификации процессов распылительной сушки при одновременном улучшении качества высушиваемого материала.

Недостатки существующих распылительных сушилок – большие габаритные размеры и значительные энергозатраты, ограниченная возможность оперативного влияния на протекание процесса сушки, низкая пищевая ценность получаемых продуктов. Устранение этих недостатков требует разработки и внедрения оборудования на базе новых принципов с автоматизированным управлением технологическими процессами.

Приоритетным направлением исследований в области получения высококачественных молочных порошков и сохранения их пищевой ценности является применение щадящих технологических процессов, использование в аппаратах нескольких потоков сушильного агента.

Механизм сушки влажных материалов определяется в основном формой связи влаги с материалом и режимом сушки. В основу классификации формы связи влаги с материалом в настоящее время принята схема, предложенная Ребиндером П.А. [1-4]. Согласно этой схеме различают:

- а) химическую связь (связь в точных количественных соотношениях);
- б) физико-химическую связь (связь в различных, не строго определенных соотношениях);
- в) механическую связь (удержание воды в неопределенных соотношениях).

Физико-химическая связь делится на адсорбционную, осмотическую и структурную влагу. Механическая связь это связь в макрокапиллярах и микрокапиллярах. При сушке удаляется влага, связанная с материалом механически и физико-химически. Химически связанная влага не удаляется, поскольку это приводит к разрушению материала. [5-6].

Для удаления влаги из жидких продуктов предпочтительно используется сушка. Сушка – это сложный технологический тепло-, массообменный процесс, который во многих производствах должен обеспечивать не только сохранение нативных свойств материала, но и улучшение этих свойств. При получении порошков заданного качества из жидких продуктов оптимальным способом является сушка распылением.

В настоящее время в пищевой промышленности применяются разнообразные сушилки. Конструкция сушилки должна обеспечивать равномерный нагрев и обезвоживание продукта с одновременным контролем температуры и влажности в процессе производства. Наиболее широкое распространение при сушке жидких, высоковлажных и пастообразных [7-11] продуктов получила конвективная сушка. Сушильный агент выполняет функции теплоносителя и влагопоглотителя. Простота, возможность регулирования температуры материала и теплоносителя – преимущество этого метода. Однако, при этом способе градиент температуры направлен в сторону, противоположную градиенту влагосодержания, это замедляет процесс влагоотдачи. Еще одним недостатком конвективного способа сушки является невысокая величина коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к поверхности частицы.

Распылительная сушка получила распространение при производстве мелкодисперсных порошков сухого молока и молочных продуктов, сухих молочных смесей детского питания, быстрорастворимого кофе, является перспективной при производстве овощных и фруктово-ягодных, яичных порошков [12-14]. Этот метод позволяет значительно интенсифицировать процесс за счет максимального уменьшения размера частиц. В сушилках такого типа происходит распыление жидкого сырья и высушивание его при движении разнонаправленным потоком сушильного агента. Нагретый в калорифере до 160-200 °С воздух поступает в сушильную камеру. Чаще всего она имеет форму цилиндра с плоским или коническим основанием. На металлическом каркасе закреплены двойные стенки: внутренняя поверхность из листовой нержавеющей стали либо метлахской плитки, наружная из листовой стали. Между внутренней и наружной стенками проложена тепловая изоляция. В сушильной камере расположены распылительные установки трех видов: форсунки механические, пневматические и центробежные диски. Движение распыленных частиц раствора и воздуха в камере может быть прямоточным, противоточным и смешанным. В этих установках создается огромная поверхность испарения мелкодиспергированных капель раствора и для высушивания используют повышенные температуры сушильного агента. Несмотря на сравнительно высокую энергоемкость распылительных сушилок и низкий удельный влагосъем, применение их существенно сокращает технологический процесс благодаря отсутствию стадий механического обезвоживания, переработки отходов, помимо этого использование этого способа позволяет придать определенные заданные свойства продукту [15].

Способ сушки распылением обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами сушки [16-17]:

1. Процесс сушки идет очень быстро (обычно 15–30 с), распыляемый продукт имеет насыщенную поверхность, происходит адиабатное испарение чистой жидкости. Так как время сушки мало высушенный продукт получается хорошего качества: например, не происходит денатурации белков, окисления, потерь витаминов и т. д. Этот метод часто применяется для сушки пищевых

продуктов, биологических и фармацевтических препаратов и других термолабильных материалов. Качество готового продукта, полученного в распылительных сушилках можно сравнить с продуктом, высушенным при глубоком вакууме.

2. При сушке распылением легко влиять на показатели качества готового продукта в зависимости от параметров сушки.

3. Готовый продукт имеет высокую растворимость и не требует больше обработки.

4. Распылительная сушка позволяет полностью автоматизировать процесс получения готового продукта.

5. Высушиваемый материал в процессе сушки не соприкасается с поверхностями сушилки до тех пор, пока он не высохнет. Это упрощает разрешение проблемы коррозии и выбора материала для сушильной камеры.

6. В распылительных сушилках можно использовать различную температуру (60–1200 °С).

7. Распылительные сушилки используют для липких аморфных продуктов.

8. Распылительная сушка позволяет получить порошок с точным процентным содержанием частей, которые предварительно растворили в исходном материале.

9. Распылительные сушилки обладают низкой степенью пылевыброса.

На кафедре пищевой биотехнологии ОГУ были проведены исследования процесса распылительной сушки мелкодисперсного сырья в нестационарных аэродинамических потоках. На основе исследований была проделана следующая работа:

- разработана математическая модель распылительной сушки мелкодисперсного сырья в нестационарных аэродинамических потоках;
- создана энерго- и ресурсосберегающая технология распылительной сушки;
- создана экспериментальная установка для проведения распылительной сушки мелкодисперсного сырья в нестационарных аэродинамических потоках;
- разработана конструкция промышленной энерго- ресурсосберегающей сушилки для мелкодисперсного сырья;
- проведены полупромышленные испытания предложенных технологий и конструкций;
- опубликовано 4 статьи в центральной печати, получен 1 патент РФ на изобретение.

#### *Список литературы*

1. Лыков, М.В. Распылительные сушилки. / М.В. Лыков, Б.И. Леончик – М.: Машиностроение, 1966. – 165 с.
2. Малышкина, В.А. Анализ процесса сушки макаронных изделий в инфракрасных сушилках. / В.А. Малышкина, Г.Б. Зинюхин, А.М. Пищухин, В.П. Попов – Оренбург: Вестник ОГУ. 2004. № 4. С. 135-138.

3. Малышкина, В.А. Изменение реологических свойств макаронных изделий как фактор, влияющий на прохождение процесса их сушки. / В.А. Малышкина, В.П. Попов, В.П. Ханин – Оренбург: Вестник ОГУ. 2005. № 5. С. 149-152.
4. Устройство для сушки продуктов. Попов В.П., Коротков В.Г., Михалева Т.В. Патент на изобретение RUS 2332142 13.07.2006.
5. Тимофеева, Д.В. Оптимизация изменения агрегатного состояния сырья в процессе экструзии. / Д.В. Тимофеева, А.Г. Зинюхина, В.П. Попов, В.Г. Коротков, С.В. Антимонов – Оренбург: Вестник ОГУ. 2013. № 3 (152). С. 225-229.
6. Способ получения пектина из арбузных корок. Быков А.В., Попов В.П., Коротков В.Г., Бакиев Г.Ф., Тыщенко В.М. Патент на изобретение RUS 2333669 11.01.2007.
7. Бурыкин, А.И. О снижении потерь сухого молока при распылительной сушке / А.И. Бурыкин, А.В. Разгуляев // Молочная промышленность. – 2005. – № 9. – С. 49-52.
8. Михалева, Т.В. Анализ процесса массообмена при распылительной сушке пищевых продуктов в переменном потоке. / Т.В. Михалева, В.П. Попов – Оренбург: Вестник ОГУ. 2012. № 10 (146). С. 161-163.
9. Попов, В.П. Разработка конструкции инновационного оборудования для производства макаронных изделий. / В.П. Попов, В.П. Ханин, М.Ю. Шрейдер, В.А. Солопова – Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). Оренбург, 2015. С. 989-993.
10. Пищухин, А.М. Конструирование сложного технологического оборудования на основе метасистемного подхода. / А.М. Пищухин, В.П. Попов – Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации. Сборник материалов «Международной научной конференции, посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета». Оренбург, 2015. С. 34-40.
11. Попов, В.П. Разработка автоматизированной линии для производства макаронных изделий. / В.П. Попов, В.П. Ханин, Т.М. Крахмалева, К.Ш. Ямалетдинова, В.Г. Коротков – Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации. Сборник материалов «Международной научной конференции, посвященной 60-летию Оренбургского государственного университета». Оренбург, 2015. С. 285-289.
12. Алексеев, Е.Л. Моделирование и оптимизация технологических процессов в пищевой промышленности / Е.Л. Алексеев, В.Ф. Пахомов, – М.: Агропромиздат, 1987. – 272 с.
13. Дроздова, Е.А. Проблемы рационального использования вторичных сырьевых ресурсов в молочной и зерноперерабатывающей промышленности. / Е.А. Дроздова, В.П. Попов – Оренбург: Вестник ОГУ. 2001. № 4. С. 99.
14. Михалева, Т.В. Движение частиц при распылительной сушке молока. / Т.В. Михалева, П.В. Попов, – Молочная промышленность. 2010. № 4. С. 75-76.
15. Анацкая, А.Г. Температурно-временная зависимость при тепловой инактивации микроорганизмов и тепловом самовозгорании молочных

*продуктов/ А.Г. Анацкая, Я.С. Киселев // Сб.науч.тр. ОмСХИ, 1974.– т. 121.– С. 17-21.*

*16. Способ сушки макаронных изделий. Попов В.П., Малышкина В.А., Ханин В.П., Пищухин А.М. Патент на изобретение RUS 2240709 04.01.2003.*

*17. Установка для сушки длинных изделий подвесным способом. Попов В.П., Малышкина В.А., Ханин В.П., Пищухин А.М., Коротков В.Г. Патент на изобретение RUS 2251646 18.07.2003.*