

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ КОМПОЗИТНЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ

А.В. Сибиль, И.А. Бакин

Рассмотрены вопросы получения сухих смесей для мучных кондитерских изделий и полуфабрикатов мучных изделий. Приведено обоснование технологии получения композитных смесей с заданным составом, описание разработанной конструкции смесителя центробежного типа и результаты исследований его работы.

Ключевые слова: композитные мучные смеси, смешивание, смесительное оборудование

Разработка и внедрение в пищевую промышленность новых технологий, обеспечивающих рост эффективности производственных процессов, расширение производства продуктов повышенной биологической ценности являются важными этапами реализации «Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года». Концепция развития аграрной науки и научного обеспечения агропромышленного комплекса РФ на период до 2025 г. предусматривает в области хранения и переработки сельскохозяйственной продукции создание: технологических процессов и машин, стабилизирующих показатели пищевого сырья и готовой продукции; эффективных методов, интенсифицирующих производственные процессы, снижающих энергоемкость и обеспечивающих высокое качество пищевой продукции; высокоэффективных процессов производства и применения, в том числе с использованием композитов.

Для обеспечения населения доступными и качественными продуктами питания необходимо решить задачи, возникающие при расширении технологии переработки сыпучих дисперсных материалов в пищевой и других отраслях промышленности, в т.ч. связанные с необходимостью получения смесей заданного состава. Использование высокоэффективных технологических процессов требует создания и совершенствования смесительной аппаратуры. Так, при получении композитных смесей для мучных, кормовых, хлебобулочных, кондитерских изделий, важной задачей является равномерность распределения основных рецептурных компонентов.

Важным направлением интенсификации и совершенствования технологических процессов приготовления мучных кондитерских изделий является использование полуфабрикатов, не изменяющих свойства при длитель-

ном хранении. Успешный опыт ведущих российских кондитерских предприятий доказал эффективность использования при производстве мучных изделий полуфабрикатов, представляющих собой сухие композитные смеси. В их состав входят различные сырьевые компоненты, в том числе и нетрадиционные, соотношение и количество которых зависит от продукта, изготовленного на их основе [1]. Направленность применения видов сырья в составе смеси регламентируется ГОСТ Р 50366-92 на концентраты пищевые – полуфабрикаты мучных изделий.

Широкое распространение сухие порошкообразные пищевые продукты получили при производстве мучных кондитерских изделий и сухих готовых полуфабрикатов. Существующие традиционные технологии сахарного и сдобного печенья предусматривают формирование из всего многокомпонентного сырья двух представительных полуфабрикатов: эмульсии и мучной смеси – при двухфазном способе приготовления теста, либо последовательное внесение сырьевых компонентов – при однофазном [3]. В состав мучной смеси входят основные компоненты – мука, крахмал и, при переработке возвратных продуктов, – крошка печенья.

Основные технологические приемы производства мучных кондитерских изделий направлены на равномерное распределение ингредиентов по всему объему и достижение требуемых структурно-механических свойств теста при его замесе. Значительную часть сырья мучных изделий представляют порошкообразные компоненты (мука, крахмал, разрыхлители, сухое молоко, яичный и фруктово-ягодные порошки). Сложностью в образовании пластичного теста является противоречие между потребностью в высокой однородности и ограничением деформационного воздействия на него [3]. При замесе теста вследствие адгезии и комкования сыпучих

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ КОМПОЗИТНЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ

компонентов трудно достичь требуемой однородности, т.к. увеличение продолжительности процесса приводит к затягиванию теста и потере его пластичности. Решением названной задачи является обеспечение начального равномерного распределения компонентов в мучной смеси.

Проведенный обзор современного состояния технологии и оборудования для смешеприготовления показал, что имеющиеся смесители, традиционно используемые и усовершенствованные в процессе эксплуатации, не устраивают промышленность по целому ряду причин, в первую очередь, по конечному качеству продукта, производительности, энергоемкости и другим параметрам. В связи с этим необходимо решить задачи усовершенствования технологии, повышения эффективности технологического процесса, более эффективного использования сырья и вторичных ресурсов, снижения энергоемкости процессов.

Для обеспечения требуемого качества смешивания компонентов, находящихся в дисперсном состоянии, необходимо совмещать процессы смешивания и диспергирования [4]. Использование для реализации этих процессов механических центробежных смесителей является наиболее предпочтительным, т.к. они имеют высокую производительность при малых габаритах и энергоемкости, позволяют получать смеси хорошего качества [5].

Анализ публикаций и выполненных исследований в лаборатории смесительного и дозирующего оборудования КемТИПП [5], выявил, что аппараты центробежного типа при определенных конструктивных и режимных параметрах обладают достаточным диспергирующим эффектом. Измельчение ингредиентов происходит во время обработки продукта при ударном воздействии режущих кромок направляющих и разгрузочных лопастей, а также кромок на окнах конусного ротора.

С целью повышения эффективности процессов смешивания и диспергирования сыпучих дисперсных материалов разработана конструкция центробежного смесителя [6] (рисунок 1). Компоненты загружаются в корпус 1 аппарата через эллиптическую крышку 2 и патрубок 3. Ротор в виде основания из перфорированного диска 8, над отверстиями которого расположены дугообразные закрылки 9, и полого тонкостенного усеченного конуса 10 с перепускными окнами 11, закреплен на валу 6 с подшипниковым узлом 5.

При работе аппарата под действием центробежной силы сыпучая масса равномерно “растекается” по основанию ротора 8, после чего часть потока загребается в полость под дугообразные закрылки 9 и проходит сквозь его отверстия. Большая часть материала переходит на внутреннюю поверхность полого конуса, где разделяется на два потока. Одна часть через перепускные окна опережающим потоком проходит в пространство между ротором и корпусом, где встречается со второй частью материалопотока, сбрасываемого с верхней кромки ротора. При этом происходит интенсивное перераспределение и смешивание компонентов, которые затем попадают на эллиптическое днище 4, где они послойно накладываются на часть потока, прошедшего через отверстия основания ротора. Доводка осуществляется за счет циркуляции компонентов сыпучей смеси при помощи ворошителя 7, при вращении которого под действием центробежных сил материал поднимается с днища и забрасывается обратно на ротор. Разгрузка смеси осуществляется через патрубок 12.

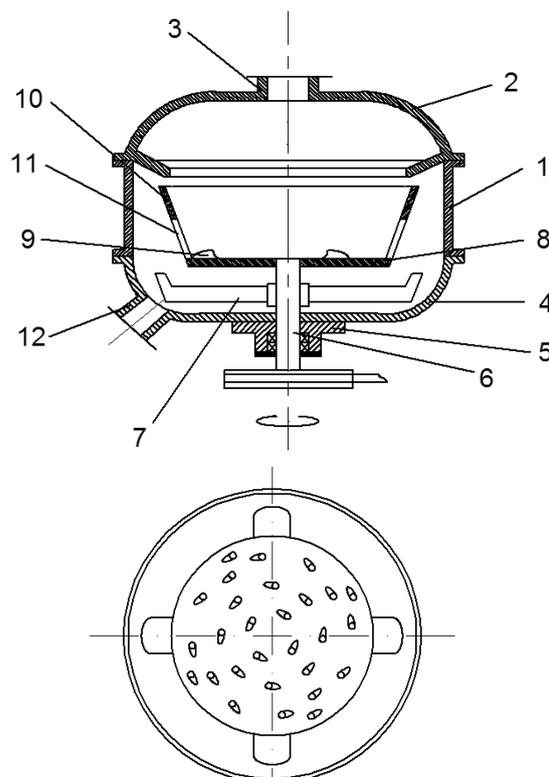


Рисунок 1 – Схема центробежного смесителя

С целью изучения возможности измельчения в разработанном центробежном смесителе возвратных продуктов производства

(крошки печенья) проведены исследования (ПФЭ 2³) влияния режимных параметров работы на диспергирующую способность аппарата, оцениваемую степенью измельчения.

С использованием методов регрессионного анализа результаты обобщены в виде уравнения регрессии, которое после проверки значимости коэффициентов и его адекватности в безразмерном масштабе имеет вид:

$$y = 12,35 + 7,575x_1 - 3,45x_2 + 4,375x_3 + 4,15x_1x_3,$$

где x_1 , - частота вращения ротора ($n_{\min} = 10,5 \text{ с}^{-1}$; $n_{\max} = 22,26 \text{ с}^{-1}$); x_2 - коэффициент загрузки аппарата ($K_{z \min} = 0,2$; $K_{z \max} = 0,6$); x_3 , с - продолжительность обработки ($\tau_{\min} = 30 \text{ с}$; $\tau_{\max} = 90 \text{ с}$).

Анализ результатов эксперимента показал, что диспергирующая способность аппарата находится в прямой зависимости от частоты вращения ротора. При этом с увеличением времени обработки сырья и при уменьшении загрузки аппарата степень измельчения значительно возрастает. Объяснить данную зависимость можно тем, что при малой частоте вращения ротора весь объем сырья не полностью вовлекается в циркуляционный контур, возникают застойные зоны. Это подтверждается тем, что при уменьшении коэффициента загрузки степень измельчения увеличивается, т.е. в этом случае больший объем сырья обрабатывается режущими кромками лопастей. Кроме того, при увеличении частоты вращения и времени диспергирования сырье подвергается большему количеству циклов обработки в аппарате.

Количественной характеристикой оборудования для измельчения является гранулометрический состав сырья, получаемого после обработки в аппарате. Исследования

проведены при обработке рецептурных компонентов, входящих в состав печенья «Шахматное», получаемого по технологии с использованием с возвратных продуктов (крошки печенья). Режимные параметры приняты исходя из анализа результатов исследования диспергирующей способности аппарата: коэффициент загрузки аппарата $K = 0,4$; продолжительность обработки 90 с.

Гранулометрический состав и основные характеристики распределения материала по фракциям находились с использованием методов ситового анализа. Пробы исходного материала и полученного после проведения процесса сыпучего продукта составляли 0,5 кг. Устройство для рассева сырья и продукта состояло из набора сит до № 4. Продолжительность рассеивания – от 7 до 10 мин. Масса остатков сыпучего материала на каждом сите рассчитывалась как среднее значение из трех опытов.

На рисунке 2 показаны гистограммы распределения гранулометрического состава сырья и продукта, в виде процентного содержания частиц каждой из фракций, при варьировании частоты вращения ротора, n , с^{-1} , на трех уровнях: 10,5; 18,33; 22,26.

Выявлено, что фракционный состав исходного сырья представлен в основном крупными фракциями, в надрешетном продукте преобладают частицы размером более (+3) мм, что составляет 63 % его суммарного выхода. При возрастании частоты вращения ротора до $18,33 \text{ с}^{-1}$ происходит рост мелких фракций (+ 0,1) мкм, при этом увеличения средней фракции (+1,25) в смеси не происходит.

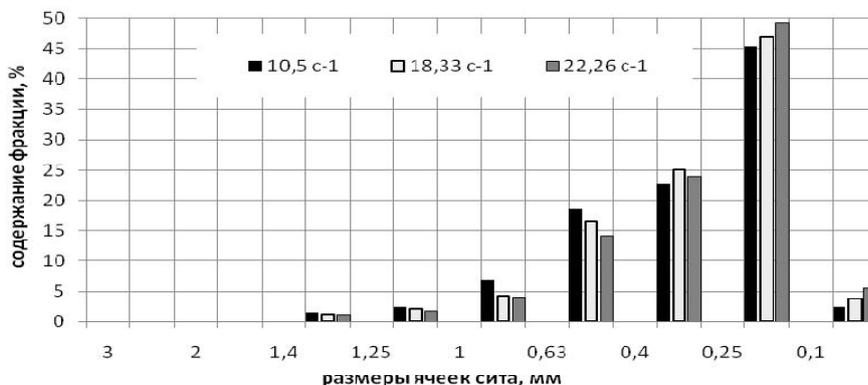


Рисунок 2 - Кривая гранулометрического состава композитной смеси

Из анализа результатов исследований процесса диспергирования можно сделать

вывод, что с увеличением его продолжительности возрастает степень измельчения ком-

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХИХ КОМПОЗИТНЫХ МУЧНЫХ СМЕСЕЙ

понентов в аппарате до значения 34,4. Степень загрузки аппарата значительным образом влияет на циркуляцию компонентов в его рабочем объеме. Для достижения степени измельчения более 22, величину коэффициента загрузки следует принять равной более 0,4, несмотря на большие достигаемые значения степени измельчения при параметре $K=0,2$, т.к. при данных условиях значительно снижается загрузка материала в аппарата, а следовательно и производительность. Частоту вращения ротора рекомендовано принять равной не менее $18,33 \text{ с}^{-1}$, т.к. при дальнейшем ее увеличении фракционный состав смеси изменяется незначительно, но при этом увеличиваются энергозатраты, и возрастают требования к санитарно-гигиенической обстановке в помещении, ввиду роста запыленности.

На следующем этапе работы проведено исследование кинетики процесса смешивания на модельной смеси, состоящей из муки пшеничной 100 весовых частей и индикатора (ферромагнитный трассер) 0,2 вес. частей, т.е. при соотношении компонентов 1 к 500. Частота вращения ротора варьировалась на двух уровнях $18,33 \text{ с}^{-1}$, $22,26 \text{ с}^{-1}$. Продолжительность смешивания изменяли в диапазоне от 30 с до 120 с с шагом 30 с. Качество смешивания оценивали с помощью коэффициента неоднородности (вариации). Для проверки гипотезы об адекватности модели и исследуемого процесса для каждого сочетания факторов проводили параллельные опыты. Из рабочей зоны аппарата отбирались 30 проб, массой 10 грамм, после чего косвенным методом находилась концентрация трассера в смеси и рассчитывались значения коэффициентов неоднородности. Обработку полученных результатов осуществляли в программе *Microsoft Office Excel*.

Кривые кинетики процесса смешивания, представленные на рисунке 3, отражают зависимость качества смеси от продолжительности процесса, при различной частоте вращения ротора. Из графиков (рисунок 3) видно снижение значений коэффициента вариации смеси при увеличении частоты вращения, однако при достижении времени 90 с данный параметр не оказывает столь значимого влияния, что можно объяснить достижением ее равновесного состояния.

Важное влияние на процесс смесеобразования дисперсных материалов оказывает конструктивное исполнение аппарата, в частности, конструкция ротора, определяющая структуру движения материальных потоков в

рабочем объеме. При проектировании конструкции аппарата ставилась задача создать направленное движение потоков материала в определенные рабочие зоны, чтобы обеспечить интенсивную циркуляцию смешиваемых компонентов и исключить образование застойных зон.

С целью оценки влияния конструкции ротора на качество смешивания проведены опыты на различных конструктивных вариантах его исполнения. Выявлено, что в новой конструкции качество смешивания удалось повысить на 82,5 % и 65,5 %, по сравнению с гладким ротором; и на 58 % и 61 %, по сравнению с гладким конусным ротором с окнами (соответственно при частоте вращения ротора $18,33$ и $22,26 \text{ с}^{-1}$).

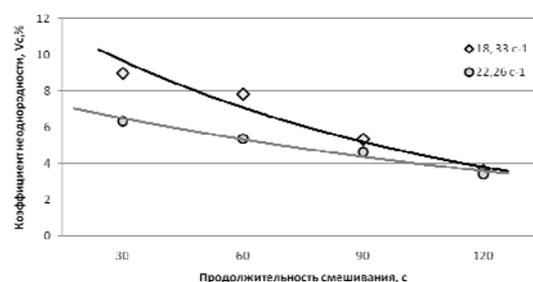


Рисунок 3 - Кривая кинетики процесса смешивания

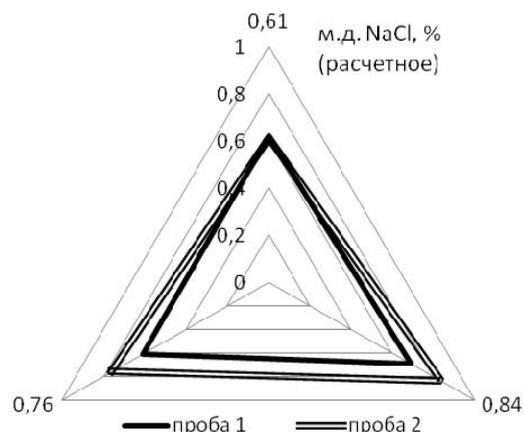


Рисунок 4 - Распределение пищевой поваренной соли в пробах смесей

На завершающем этапе изучены аспекты формирования качества мучных композитных смесей и изделий из них. Установлена возможность производства смеси композитной мучной в условиях ОАО «КемеровоХлеб», г. Кемерово. Варианты приготовления смесей

при заданных режимах работы учитывали использование различных сочетаний компо-

нентов по рецептурам для сахарного (пробы 1, 2) и сдобного печенья (пробы 3, 4, 5, 6).

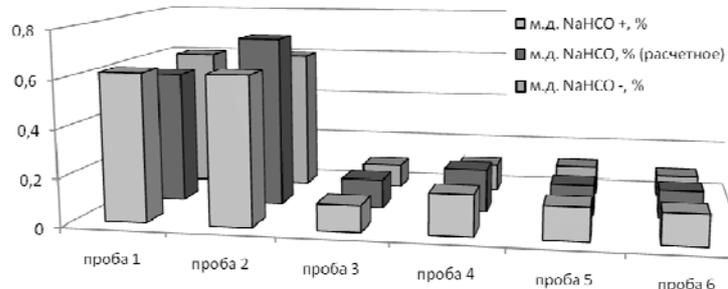


Рисунок 5 - Распределение пищевой соды в пробах смесей

О равномерности распределения рецептурных компонентов судили по результатам как прямого определения гидрокарбоната натрия, так и по данным определения бикарбоната натрия и щелочности смесей. Содержание соли в смеси определяли аргентометрическим методом. Результаты определения массовой доли (м. д.) исследуемых компонентов в пересчете на сухое вещество в смесях приведены на рисунках 4 и 5. Анализ рисунков 4-5 свидетельствует о равномерности распределения ключевых компонентов в смеси. Имеющиеся расхождения между опытными данными и рецептурными значениями объясняются колебанием массовой доли вещества в компоненте и изменением влажности компонентов. Выработанный мучной полуфабрикат соответствует по органолептическим и физико-химическим показателям требованиям технической документации.

Из данных исследований следует, что изделия, приготовленные с использованием сухой композитной мучной смеси, характеризуются более высоким уровнем качества по органолептическим характеристикам и намокаемости.

Таким образом, разработана и обоснована технология малотоннажного производства сухих мучных композитных смесей для кондитерских изделий с использованием нового смесителя центробежного типа. В результате проведенных исследований отработаны технические приемы и подобраны технологические параметры, обеспечивающие равномерное распределение ингредиентов по всему объему смеси и повышение качест-

ва готовых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резниченко, И.Ю. Пищевые концентраты и сахаристые кондитерские изделия специального назначения: новые рецептуры, технологии, характеристика потребительских свойств / И.Ю. Резниченко. – Кемерово: КемТИПП, 2006. – 203 с.
2. Романов, А.С. Экспертиза хлеба и хлебобулочных изделий: Качество и безопасность: Уч. пособие / Под ред. В.М. Позняковского. – 2-е изд., испр. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007.- 125 с.
3. Бакин И.А. Совмещение процессов смешивания и диспергирования в конусном центробежном аппарате / И.А. Бакин, С.Г. Чечко, А.В. Сибиль // Хранение и переработка сельхозсырья. –2009. - № 3. - С. 60-63.
4. Бакин И.А. Теоретические и практические аспекты разработки конструкций центробежных смесителей для переработки дисперсных материалов: монография / И.А. Бакин, В.Н. Иванец; КемТИПП. - Кемерово, 2007. - 156 с.
5. Пат. 106848 Российская Федерация, МПК В01 F7/26 / Смеситель периодического действия/ Бакин И.А., Сибиль А.В., Иванец В.Н., Чечко С.Г., Шилов А.В.; заявитель и патентообладатель ООО СК «Ремстройторг». - № 20011106611/05; заявл. 22.02.2011; опубл. 27.07.2011, Бюл. № 21(IIч).-3 с.

Сибиль А.В., аспирант заочной формы обучения кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВПО КемТИПП, тел.: 8 (384-2)39-68-42;

Бакин И.А., д.т.н., профессор кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВПО КемТИПП, тел.: 8(384-2)39-68-42.