

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМБИНИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ СУХОГО МОЛОКА

В работе приводятся основные реологические характеристики смесей комбинированных продуктов на основе сухого молока. Экспериментально исследованы сдвиговые характеристики, коэффициенты внешнего и внутреннего трения, плотность смеси и их изменение при хранении.

Сухие комбинированные смеси, физико-механические свойства, заменители цельного молока.

В процессах получения ряда сухих комбинированных продуктов питания и многокомпонентных комбикормов для выпойки молодняка сельскохозяйственных животных на основе сухого молока значительную роль играют операции смешивания сыпучих дисперсных ингредиентов (сухое обезжиренное молоко, молочная сыворотка, растительные компоненты) и последующее введение в смесь жидких добавок, например, жирно-фосфатидной композиции и премиксов. Реологические показатели, в частности физико-механические свойства исходного сырья и готовой смеси, являются важными характеристиками в процессах переработки сырья и контроля качества готовой продукции.

Целью проведенных исследований было определение таких величин, как начальное сопротивление сдвигу, насыпная плотность, коэффициенты внутреннего и внешнего трения в зависимости от концентрации вводимых в смесь жидких добавок, а также изучение их динамики в процессе хранения. Основным компонентом смеси являлось сухое обезжиренное молоко (ГОСТ 10370), которое смешивалось с другими рецептурными ингредиентами и жирно-фосфатидной композицией (ГОСТ 28414). Содержание жировой фазы в смеси варьировалось в соответствии с различной рецептурой продукта от 3 до 30%. Дисперсные ингредиенты смешивались в течение 3-х минут в двухлопастном центробежном смесителе [1], а далее в смесь вводились жидкие добавки.

Эффекты сдвиговых деформаций дисперсных материалов проявляются в технологических процессах транспортировки, смешивания и дозирования. Происходящее при этом перераспределение частиц компонентов оказывает значительное влияние на кинетику технологических процессов и качество продукции [2]. Однако в связи с недостаточной изученностью эффектов взаимодействия частиц прогнозировать ход этих процессов в большинстве случаев затруднительно. Для этой цели рассмотрен механизм сдвиговых деформаций смесей дисперсных материалов на основе сухого молока с использованием разработанного прибора кольцевого сдвига и отработанной методики экспериментальных исследований [3], когда контакт моделируется при взаимодействии частиц с подложкой из этого же материала. На рис. 1 представлены зависимости начального сопротивления сдвигу τ_0 , [Па] от содержания жировой фазы в смеси при разной величине предварительной нагрузки, которая принималась из условий хранения продукта в мешках

и составила 9,81 Н, 39,24 Н, 58,86 Н. Исследования проводились на продукте влажностью 4,3 %, при температуре окружающей среды 20 °С. Из приведенных зависимостей следует, что с повышением содержания жировой фазы в смеси происходит линейное увеличение значений начального сопротивления сдвигу, что можно объяснить ростом числа адгезионных и когезионных мостиков между частицами. Увеличение предварительной нагрузки также приводит к значительному росту сил адгезии между частицами и слоями смеси.

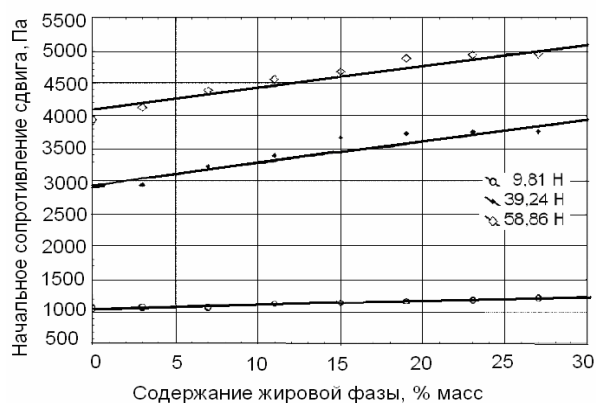


Рис. 1. Зависимость начального удельного сопротивления сдвига от содержания жировой фазы в смеси и предварительной нагрузки.

Не менее важным для потребителя является изменение физико-механических показателей сухих молочных смесей в процессе хранения. На рис. 2 представлена динамика изменения начального напряжения сдвига для смесей различной жирности при предварительной нагрузке 9,81Н. Снижение этого показателя во времени можно объяснить равномерным распределением жира среди сухих компонентов в процессе хранения, за счет чего структура образца становится более однородной.

Экспериментальное определение значений коэффициентов трения (внутреннего $\mu_{\text{внут}}$ и внешнего $\mu_{\text{внеш}}$) выполнено на приборе, состоящем из платформы, к которой шарнирно закреплена подвижная платформа с рифленой резиновой поверхностью [4]. Исследование коэффициентов внешнего трения проводилось при установке на поверхность подвижной платформы металлической пластины. Из зависимостей на рис. 3 и рис. 4 следует, что значения коэффициентов внешнего трения увеличиваются при повы-

шении концентрации жировой фазы в смеси. Динамика этих показателей свидетельствует о том, что с увеличением сроков хранения продукта наблюдается снижение коэффициентов внутреннего трения, что объясняется дегидратацией дисперсионной среды и уменьшением сил когезии. Изменение коэффициентов внешнего трения обуславливается взаимным влиянием сил адгезии и сил трения. Содержание жировой фазы повышает степень адгезии продукта, что вызывает рост значений коэффициентов внешнего трения (рис. 4).

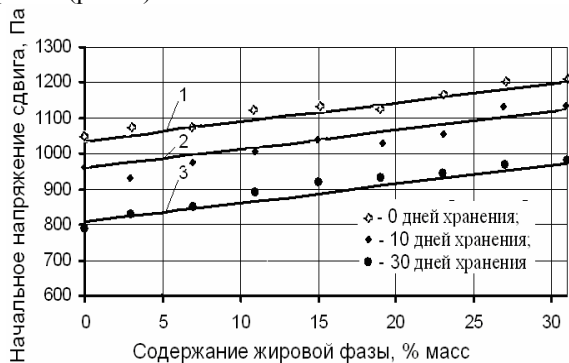


Рис. 2. Зависимость начального напряжения сдвига от сроков хранения смеси

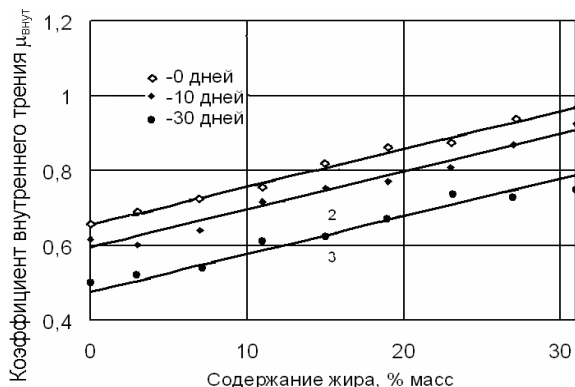


Рис. 3. Зависимость внутреннего коэффициента трения от сроков хранения смеси

Важной характеристикой сухих продуктов является насыпная плотность, по значениям которой можно судить о пригодности смеси к длительному хранению. Исследование насыпной плотности проведено согласно ГОСТ Р 51462-99 «Продукты молочные сухие» в зависимости от содержания жировой фазы в смеси, при различном механическом воздействии, результаты показаны на рис. 5. Из графиков

следует, что с увеличением количества ударов на материал происходит увеличение насыпной плотности, следовательно, уменьшение объема смеси. С увеличением содержания жировой фазы и сроков хранения продукта плотность образцов повышается, что объясняется уплотнением структуры смеси в связи с удалением избыточного воздуха.

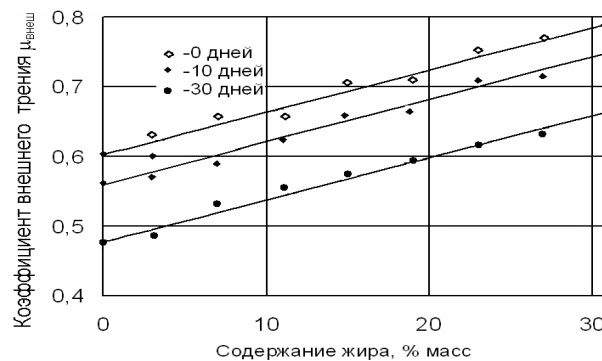


Рис. 4. Зависимость внешнего коэффициента трения от сроков хранения смеси

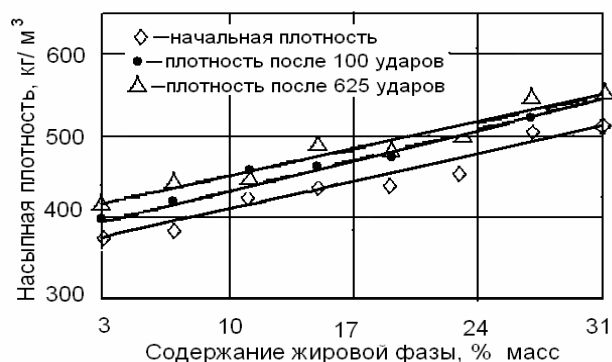


Рис. 5. Зависимость насыпной плотности от содержания жировой фазы в смеси и предварительной нагрузки

Таким образом, в результате проведенных исследований получен массив основных физико-механических показателей сухих молочных смесей, изучена динамика их изменения в процессе хранения. Полученные данные можно использовать при проектировании смесительного и дозирочного оборудования для выработки комбинированных продуктов на основе сухого молока.

Список литературы

1. Бакин И.А. Смешивание компонентов регенерированного молока// Молочная промышленность. – 2006. – № 12. – С. 58-60.
2. Каталымов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов. – Л.: Химия, 1990. – 232с.
3. Бакин И.А. Исследование физико-механических характеристик сухих молочных смесей / И.А. Бакин, А.В. Шилов // Продукты питания и рациональное использование сырьевых ресурсов (выпуск 12): Сб. науч. работ. – Кемерово, 2007. - С. 12-14.
4. Зимон А.Д. Адгезия пищевых масс / А.Д. Зимон. – М.: Агропромиздат, 1985. - 272 с.

ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности,
650056, Россия, г. Кемерово, Бульвар Строителей, 47

SUMMARY

A.V. Shilov, I.A. Bakin

The research of the rheological characteristics of the combined mixture based on dry milk

In this thesis the basic rheological characteristics of the combined products mixtures based on dry milk are resulted. The shift characteristics, the factors of external and internal friction, the density of the mixture and their changes during storage are researched experimentally.

Dry combined mixtures, physicommechanical properties, substitutes of whole milk.