

УДК 621.929.2/.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СМЕСИ СУХОЙ ЙОГУРТНОЙ ОСНОВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ БАРАБАННОГО СМЕСИТЕЛЯ

Комаров С.С.

*ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»
Кемерово, e-mail: office@kemtipp.ru*

Представлен барабанный смеситель, обладающий низкой энергозатратностью, эффективностью смешивания, сохранением структуры смешиваемых компонентов при их соотношении в диапазоне от 1:10 до 1:40. На данном аппарате провели эксперименты по выявлению степени влияния конструктивных особенностей исследуемой конструкции на качество сухой йогуртной основы. Определили, что наилучшее качество получается при спиралевидном расположении Г-образных лопастей и коэффициенте заполнения барабана 20%. Выявлено, что при работе барабанного смесителя с расположением Г-образных лопастей в шахматном порядке рекомендуется смешивать ингредиенты сухой йогуртной основы при частоте вращения барабана равной 10 об/мин с коэффициентом заполнения аппарата равным 20%. При смешивании сухой йогуртной основы на барабанном смесителе со спиралевидным расположением Г-образных лопастей следует выбирать частоту вращения барабана, равную 25 об/мин, и коэффициент заполнения аппарата равную 20%.

Ключевые слова: процесс смешивания, барабанный смеситель, молоко, йогуртная основа, конструктивные параметры, технологические параметры

DETERMINING THE QUALITY OF DRY YOGHURT BASIS DEPENDING ON THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF DRUM MIXER

Komarov S.S.

*The Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University),
Kemerovo, e-mail: office@kemtipp.ru*

We presented a drum mixer having a low energy-consuming, mixing efficiency, preservation of the structure of the mixed components at a ratio in the range from 1:10 to 1:40. In this unit, we conducted experiments to determine the extent of influence of the design features of the study design quality dry yogurt basis. We have determined that the best quality is obtained by helical arrangement of the Г-shaped blades and a filling factor of 20% of the drum. We have determined that when using a drum mixer with the location of Г-shaped arms staggered recommended to mix the dry ingredients in yoghurt basis drum speed of 10 min⁻¹ with a duty cycle of 20% apparatus. When mixing dry yoghurt bases on a drum mixer with a spiral arrangement of the Г-shaped blades is better to choose the speed of the drum at 25 min⁻¹, and the filling factor of the unit equal to 20%.

Keywords: the process of mixing, drum mixer, milk, yoghurt basis, design parameters, technological parameters

Промышленная переработка молока – это сложный комплекс взаимосвязанных химических, физико-химических, микробиологических, биохимических, биотехнических, теплофизических и других специфических технологических процессов, которые состоят из отдельных технологических операций, выполняющихся на разных машинах и аппаратах, укомплектованных в технологические линии [6, 9, 10].

Цель исследования. В Кемеровской области на ООО «Деревенский молочный завод» применяется резервуарный метод при производстве сладкого йогурта [8]. Стабилизатор в данном случае находится в сухом виде (модифицированный крахмал) и вносится в молоко совместно с сахаром и сухим молоком. Эти ингредиенты в необходимых пропорциях смешиваются в отдельной бачке ручным способом. Качество такого процесса не удовлетворяет современным требованиям [1, 2], в результате чего при внесении сухой йогуртной основы в жид-

кое молоко стабилизатор и сухое молоко слипаются в прочные и нерастворимые конгломераты. В этих условиях готовый продукт не соответствует заданной рецептуре, в результате этого страдает его конечное качество [3, 4].

Материалы и методы исследования

Для устранения данного недостатка и повышения качества производимого йогуртного продукта в лаборатории смесительно-дозировочного оборудования на кафедре «Технологическое проектирование пищевых производств» в КемТИПП был разработан барабанный смеситель [7, 9, 10], обладающий низкой энергозатратностью, эффективностью смешивания, сохранением структуры смешиваемых компонентов при их соотношении в диапазоне от 1:10 до 1:40.

Результаты исследования и их обсуждение

На данном аппарате были проведены эксперименты по выявлению степени влияния частоты вращения барабана n , коэффициента заполнения барабана K и расположения

Г-образных лопастей на качество многокомпонентных смесей (сухая йогуртная основа), оцениваемое коэффициентом вариации V_c .

В ходе экспериментальных исследований изменялась частота вращения барабана n в диапазоне 10–40 об/мин, коэффициент заполнения барабана K в диапазоне 10–30%, расположение Г-образных лопастей. Базовые (нулевые) точки и шаги варьирования приведены в табл. 1.

Рецептура сухой йогуртной основы и физико-механические характеристики смешиваемых компонентов, при которых осуществляется смешивание, представлены в табл. 2.

Экспериментальные данные и расчеты коэффициента неоднородности V_c приведены в приложении 5. Параметры и результаты экспериментов сведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что наилучшее качество получается при спиралевидном распо-

ложении Г-образных лопастей. Это объясняется тем, что при данном расположении лопастей осуществляется большая рециркуляция смеси в рабочей зоне аппарата, приводящая к значительному усреднению материальных потоков и увеличению времени пребывания частиц в аппарате. Так же видно, что лучшие результаты получаются при K , равном 20%, это объясняется тем, что при малой степени заполнения не происходит достаточного послойного перемешивания, характерного для барабанных смесителей, а при большой степени заполнения начинает создавать помехи центральный вал, на котором закреплены лопасти.

Для лучшего восприятия полученных данных представим их в виде поверхностей отклика полученных в программе Statistica 8.

Для шахматного расположения Г-образных лопастей поверхность отклика представлена на рис. 1.

Таблица 1

Базовые точки и шаги варьирования

Фактор и его обозначение	Верхний уровень	Нижний уровень	Центр плана	Интервал варьирования
Частота вращения барабана X1	40	10	25	15
Коэффициент заполнения барабана X2	30	10	20	10

Таблица 2

Рецептура сухой йогуртной основы

Наименование сырья	Количество сырья в 100 кг молока	Плотность, ρ , кг/м ³	Влажность, %	Диаметр частиц, мкм
Сахар	5,78 кг	900	0,05...0,1	940...960
Сухое молоко	1,66 кг	450	3...4	80...100
Стабилизатор	0,25 кг	560	18...20	150...250

Таблица 3

Варьируемые параметры и значения зависимой переменной V_c

В кодированном виде	В натуральном виде	Коэффициент неоднородности V_c , %			
		n , об/мин	K , заполнение барабана, %	Шахматное расположение лопастей	Спиралевидное расположение лопастей
X ₁	X ₂				
–	–	10	10	9,61	9,11
+	–	40	10	10,25	8,27
0	–	25	10	11	7,38
–	+	10	30	7,25	7,40
+	+	40	30	8,29	6,5
0	+	25	30	6,89	5,4
–	0	10	20	6,08	6,7
+	0	40	20	9,32	6,12
0	0	25	20	7,54	5,05

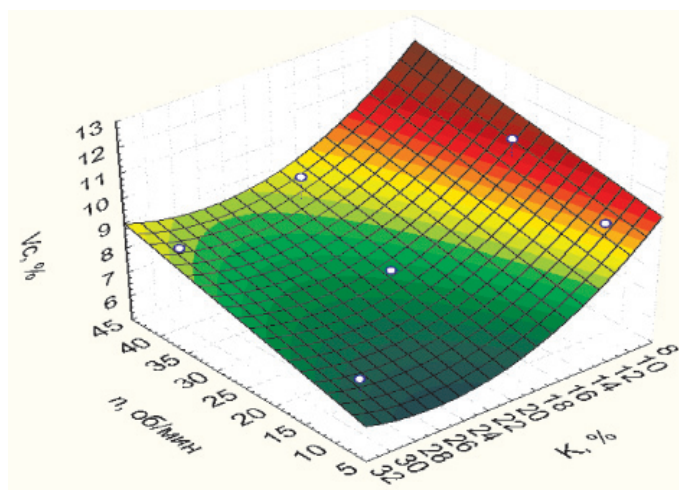


Рис. 1. Зависимость коэффициента неоднородности от частоты вращения и коэффициента заполнения барабана

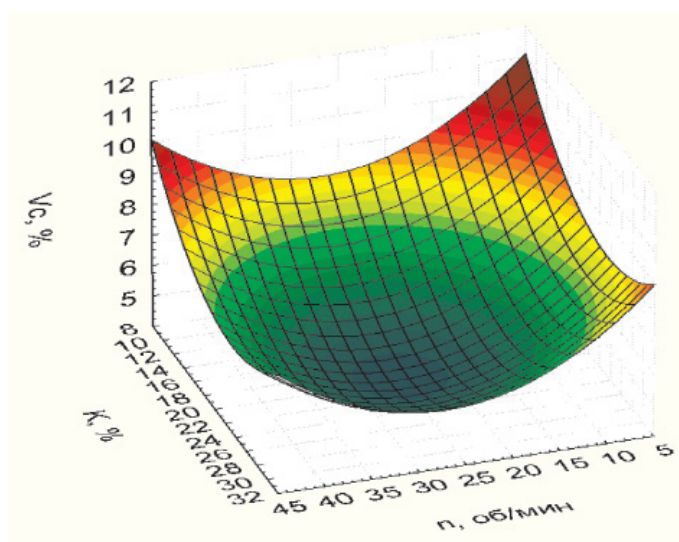


Рис. 2. Зависимость коэффициента неоднородности от частоты вращения и коэффициента заполнения барабана

Из рисунка видно, что чем ближе к темно-зеленому цвету окраска поверхности, тем ближе к нулю (идеальному значению) принимает значение коэффициент неоднородности. Поэтому при работе барабанного смесителя с расположением Г-образных лопастей в шахматном порядке рекомендуется смешивать ингредиенты сухой йогуртной основы при частоте вращения барабана равной 10 об/мин, с коэффициентом заполнения аппарата, равным 20%.

Для спиралевидного расположения Г-образных лопастей поверхность отклика представлена на рис. 2.

Рис. 2 показывает, что при смешивании сухой йогуртной основы на барабанном смесителе со спиралевидным расположе-

нием Г-образных лопастей следует выбирать частоту вращения барабана, равную 25 об/мин, и коэффициент заполнения аппарата, равный 20%.

Выводы

В барабанном смесителе новой конструкции изучено влияние конструктивных и технологических параметров на качество получаемой смеси. Анализ полученных результатов показал, что для получения сухой йогуртной основы хорошего качества необходимо смешивать исходные ингредиенты в смесителе с установкой Г-образных лопастей в спиралевидном порядке при n равной 25 об/мин, и коэффициенте заполнения барабана $K = 20\%$.

Список литературы

1. Бородулин Д.М. Применение смесителя непрерывного действия для витаминизации муки / О.В. Салищева, А.А. Андриушков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 9. – С. 58–61.
 2. Бородулин, Д.М. Определение сглаживающей способности барабанного смесителя непрерывного действия с регулируемыми лопастями // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 4. – С. 107–112.
 3. Бородулин, Д.М. Исследование взаимосвязи критерия сыпучести с динамическими и энергетическими характеристиками в объеме смесителя непрерывного действия / Д.В. Сухоруков, С.С. Комаров // Известия вузов. Пищевая технология. – 2013. – № 5 – 6. – С. 74–78.
 4. Бородулин, Д.М. Совершенствование смесительных процессов путем направленного формирования режимов дозирования / В.Н. Иванец, Д.В. Сухоруков // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (часть 15). – С. 3263–3266.
 5. Журнал АВС / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abc-gid.ru/news/show/2271/> (дата обращения: 28.10.11).
 6. Коровье молоко – очень ценный пищевой продукт / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fatalenergy.com.ru/power/1195768968-0.html> (дата обращения: 1.09.010).
 7. Пат. 2508937 Российская Федерация, МПК В01F9/02. Барабанный смеситель / Иванец В.Н. Бородулин Д.М., Комаров С.С. Заявитель и патентообладатель «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», № 2012128003/05, заявл. 03.07.2012; опубл. 10.03.2014, бюл. № 32
 8. Технология кисломолочных продуктов / [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://engineertechnolog.jimdo.com/продукты/кисломолочные-продукты/технология-к-п/> (дата обращения: 08.01.14).
 9. Ivanets V.N. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V.N. Ivanets, D.M. Borodulin, A.B. Shushpannikov, D.V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 62–69.
 10. Ivanets V.N. Design of drum type apparatus for processing of bulk materials / V.N. Ivanec, D.M. Borodulin, D.V. Sukhorukov, A.M. Popov, V.V. Tikhonov // Procedia Chemistry. – 2014. – № 10. – P. 391–399.
- References**
1. Borodulin D.M. Primenenie smesitelja nepreryvnogo dejstvija dlja vitaminizacii muki / O.V. Salishheva, A.A. Andriushkov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2012. no. 9. pp. 58–61.
 2. Borodulin, D.M. Opredelenie sglazhivajushhej sposobnosti barabannogo smesitelja nepreryvnogo dejstvija s reguliruemymi lopastjami // Tehnika i tehnologija pishhevych proizvodstv. 2013. no. 4. pp. 107–112.
 3. Borodulin, D.M. Issledovanie vzaimosvjazi kriterija sy-puchesti s dinamicheskimi i jenergeticheskimi harakteristikami v ob#eme smesitelja nepreryvnogo dejstvija / D.V. Suhorukov, S.S. Komarov // Izvestija vuzov. Pishhevaja tehnologija. 2013. no. 5 6. pp. 74–78.
 4. Borodulin, D.M. Sovershenstvovanie smesitelnyh processov putem napravlennoogo formirovanija rezhimov dozirovanija / V.N. Ivanec, D.V. Suhorukov // Fundamentalnye issledovanija. 2015. no. 2 (chast 15). pp. 3263–3266.
 5. Zhurnal AVS / [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.abc-gid.ru/news/show/2271/> (data obrashhenija: 28.10.11).
 6. Korove moloko ochen cennyj pishhevoj produkt / [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://fatalenergy.com.ru/power/1195768968-0.html> (data obrashhenija: 1.09.010).
 7. Pat. 2508937 Rossijskaja Federacija, MPK B01F9/02. Barabannyj smesitel / Ivanec V.N. Borodulin D.M., Komarov S.S. Zjavitel i patentoobladatel «Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti», no. 2012128003/05, zjavil. 03.07.2012; opubl. 10.03.2014, bjul. no. 32
 8. Tehnologija kislomolochnyh produktov / [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa <http://engineertechnolog.jimdo.com/produkty/kislomolochnye-produkty/tehnologija-k-p/> (data obrashhenija: 08.01.14).
 9. Ivanets V.N. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V.N. Ivanets, D.M. Borodulin, A.B. Shushpannikov, D.V. Sukhorukov // Foods and Raw Materials. 2015. Vol. 3, no. 1. pp. 62–69.
 10. Ivanets V.N. Design of drum type apparatus for processing of bulk materials / V.N. Ivanec, D.M. Borodulin, D.V. Sukhorukov, A.M. Popov, V.V. Tikhonov // Procedia Chemistry. 2014. no. 10. pp. 391–399.

Рецензенты:

Попов А.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика», ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», г. Кемерово;

Петрик П.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «ЭПХиНТ», Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово.