

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВИБРАЦИОННОГО СМЕСИТЕЛЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МУЧНОЙ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ СМЕСИ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА

*Бородулин Д.М.¹, д-р техн. наук, проф., Невская Е.А.², канд. техн. наук,
Зорина Т.В.¹, Борисова А.Е.²*

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
Российская Федерация, г. Кемерово

²ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», Российская Федерация, г. Москва

Аннотация. По результатам расчетной пищевой ценности смоделирована рецептура мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка с учетом требований ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки». Для получения такой мучной хлебо-булочной смеси в Кемеровском государственном университете был разработан вибрационный смеситель (патент РФ 2626415). Определены ключевые технологические параметры работы вибрационного смесителя при получении разработанной смеси.

Ключевые слова. Хлеб, белковые добавки, изоляты, кунжутная мука, вибрационный смеситель.

DETERMINATION OF KEY TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF VIBRATION MIXER WORK WHEN RECEIVING A FLOUR BAKING MIXTURE WITH HIGH CONTENT

*Borodulin D.M.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof., Nevskaya E.A.², Cand. Sc. (Tech.),
Zorina T.V.¹, Borisova A.E.²*

¹ FSBEI HE «Kemerovo State University», Russian Federation, Kemerovo

²FSASI «Scientific Research Institute of the Bakery Industry»,
Russian Federation, Moscow

Abstract. According to the results of the calculated nutritional value, the formulation of a flour baking mixture with a high protein content was simulated taking into account the requirements of TR CU 022/2011 «Food products in terms of its labeling». The vibrating mixer for the process of bakery mix is developed in Kemerovo state University (patent RF 2626415). The key technological parameters of the vibration mixer in the preparation of the developed mixture were determined.

Keywords. Bread, protein additives, isolates, sesame flour, vibrating mixer.

Проблема недостаточной биологической ценности хлеба является общей частью проблемы дефицита белка в рационе питания населения [1].

Для восполнения недостатка белка в рецептуру хлебобулочных изделий вносят белоксодержащее сырье с более высоким содержанием протеина и наиболее дефицитных незаменимых аминокислот [2].

Белки служат материалом для построения клеток, тканей и органов, образования ферментов и большинства гормонов, гемоглобина и других соединений, выполняющих в организме особо важные и сложные функции. Белки формируют соединения, обеспечивающие иммунитет к инфекциям, участвуют в процессе усвоения (на различных этапах) жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов [3].

Источником белковых веществ может служить изолят сывороточного белка (95 г белка в 100 г продукта), изолят соевого белка (90 г белка в 100 г продукта), сухая пшеничная клейковина (78 г белка в 100 г продукта), кунжутная мука (30 г белка в 100 г продукта)

Высокое содержание белка в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» значит, что содержащийся в изделиях белок, обеспечивает не менее 20 % энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции. С учетом этих требований, был проанализирован рынок отечественного и зарубежного сырья, и подобраны рецептурные компоненты с содержанием белка не менее 30 г на 100 г продукта: изолят сывороточного белка (95 г белка в 100 г продукта), изолят соевого белка (90 г белка в 100 г продукта), сухая пшеничная клейковина (78 г белка в 100 г продукта), кунжутная мука (30 г белка в 100 г продукта).

Для проведения расчетов пищевой ценности была использована методика, разработанная ФГАНУ НИИХП, и данные, указанные на этикетке производителя рецептурных компонентов, в справочнике Скурихина И.М. и др. «Химический состав российских пищевых продуктов» и в приложениях ТР ТС 022/2011 [4, 5]. В приложении 2 к ТР ТС 022/2011 приведена средняя суточная потребность в основных пищевых веществах и энергии для нанесения маркировки пищевой продукции, в соответствии с которой рекомендуемый уровень суточного потребления белка составляет 75 г. В приложении 4 к ТР ТС 022/2011 приведена таблица коэффициентов пересчета энергетической ценности основных пищевых веществ пищевой продукции, в соответствии с которой в 1 г белка содержится 4 ккал или 17 кДж.

Таким образом, была смоделирована рецептура мучной хлебопекарной смеси (МХС) с высоким содержанием белка с учетом всех вышеперечисленных требований (таблица 1).

По результатам расчета пищевой ценности содержание белка в изделиях составило 14,5 %, то есть 19,2 % от суточной потребности, 22,0 % энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции. Таким образом, расчетным путем установлено, что на упаковку мучных хлебопекарных смесей можно внести надпись «изделие с высоким содержанием белка».

Для получения такой мучной хлебобулочной смеси в Кемеровском государственном университете был разработан вибрационный смеситель (патент РФ 2626415).

Таблица 1

Рецептура мучной хлебопекарных смесей с высоким содержанием белка по
ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»

Наименование сырья	Расход сырья (в кг)
1	2
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	83,7
Соль пищевая	1,3
Сахар белый	1,7
Кунжутная мука	4,2
Изолят сывороточного белка	4,2
Изолят соевого белка	4,2
Клейковина сухая	0,8
Итого:	100,0

Существенное влияние на его производительность и геометрические параметры оказывает скорость вибротранспортирования компонентов по рабочему органу аппарата. В свою очередь она зависит от угла β , амплитуды A и частоты f вибрации, а также от свойств материала, высоты виброкипящего слоя (ВКС), угла подъема рабочего органа и наличия на нем перфорации. Для определения данных зависимостей нами была проведена серия экспериментов, с применением основного компонента МХС – мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, поскольку она обладает самой маленькой сыпучестью и большими адгезионными свойствами. Поэтому если создать условия для ее вибротранспортирования, то для других компонентов они будут заведомо достаточны. Результаты данных исследований отображены на рисунках 1-5.

На рисунке 1 представлена группа линий, отражающих влияние амплитуды A и частоты f колебаний на скорость вибротранспортирования пшеничной муки хлебопекарной первого сорта вверх по рабочему органу аппарата (угол вибрации $\beta=45^\circ$, высота ВКС 0,02 м, перфорация отсутствует).

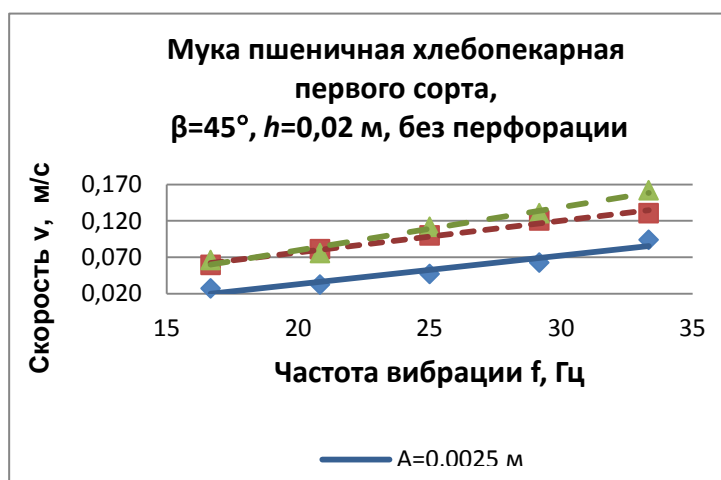


Рисунок 1. Графическая зависимость скорости перемещения муки хлебопекарной первого сорта вверх по рабочему органу от амплитуды (A) и частоты вибрации (f)

Из рисунка 1 видно, что чем больше амплитуда A и частота вибрации f , тем выше скорость вибротранспортирования. Аппроксимирующие уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.003f - 0.045 \quad (A = 0,0025 \text{ м}) \\ v_2 &= 0.004f - 0.01 \quad (A = 0,0035 \text{ м}) \\ v_3 &= 0.005f - 0.038 \quad (A = 0,0045 \text{ м}) \end{aligned} \quad (1)$$

На рисунке 2 приведена группа линий, отражающих влияние высоты ВКС и частоты f вибрации на скорость (мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, угол вибрации $\beta=45^\circ$, амплитуда вибрации $A=0,0045$ м, перфорация отсутствует).

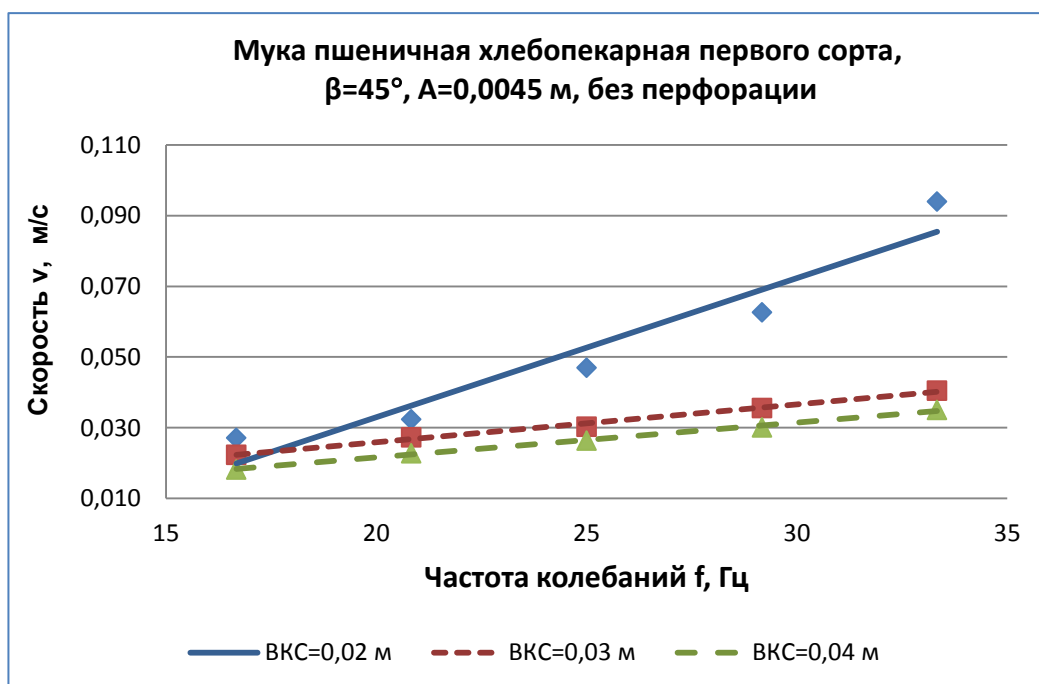


Рисунок 2. Графическая зависимость скорости перемещения муки хлебопекарной первого сорта вверх по рабочему органу от высоты ВКС и частоты вибрации (f)

Из рисунка 2 видно, что скорость вибротранспортирования муки хлебопекарной первого сорта тем выше, чем выше частота вибрации f и ниже ВКС. Аппроксимирующие уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.003f - 0.045 \quad (h = 0,02 \text{ м}) \\ v_2 &= 0.001f - 0.004 \quad (h = 0,03 \text{ м}) \\ v_3 &= 0.001f - 0.001 \quad (h = 0,04 \text{ м}) \end{aligned} \quad (2)$$

На рисунке 3 приведена группа линий, отражающих влияние угла β и частоты f вибрации на скорость (мука пшеничная хлебопекарной первого сорта, амплитуда вибрации $A=0,0045$ м, высота ВКС 0,02 м, перфорация отсутствует).

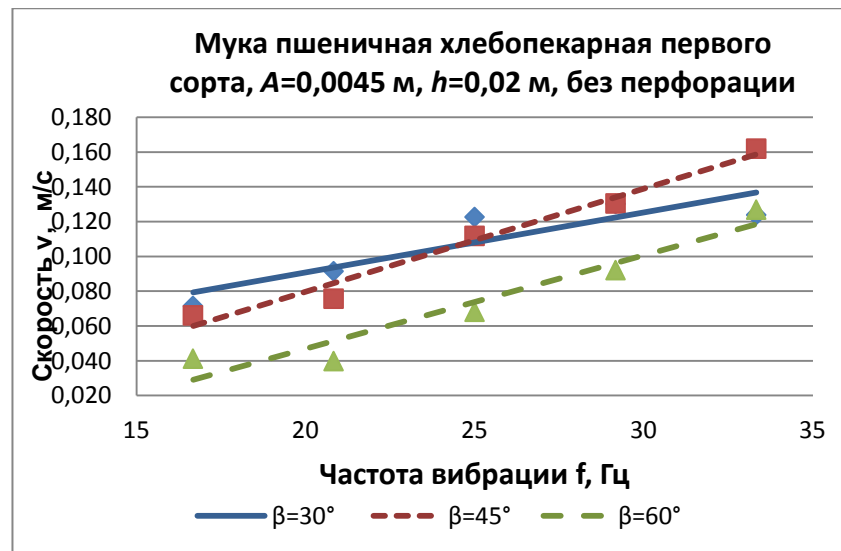


Рисунок 3. Графическая зависимость скорости перемещения муки хлебопекарной первого сорта вверх по рабочему органу от угла (β) и частоты вибрации (f)

Из рисунка 3 видно, что наибольшая скорость вибротранспортирования достигается при угле вибрации $\beta=45^\circ$. Аппроксимирующие уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.005f - 0.022 \quad (\beta = 30^\circ) \\ v_2 &= 0.005f - 0.038 \quad (\beta = 45^\circ) \\ v_3 &= 0.005f - 0.06 \quad (\beta = 60^\circ) \end{aligned} \quad (3)$$

На рисунке 4 представлена группа линий, отражающих влияние частоты f вибрации и сыпучего материала на скорость (угол вибрации $\beta=45^\circ$, амплитуда вибрации $A=0,0045$ м, высота ВКС $0,02$ м, перфорация отсутствует).

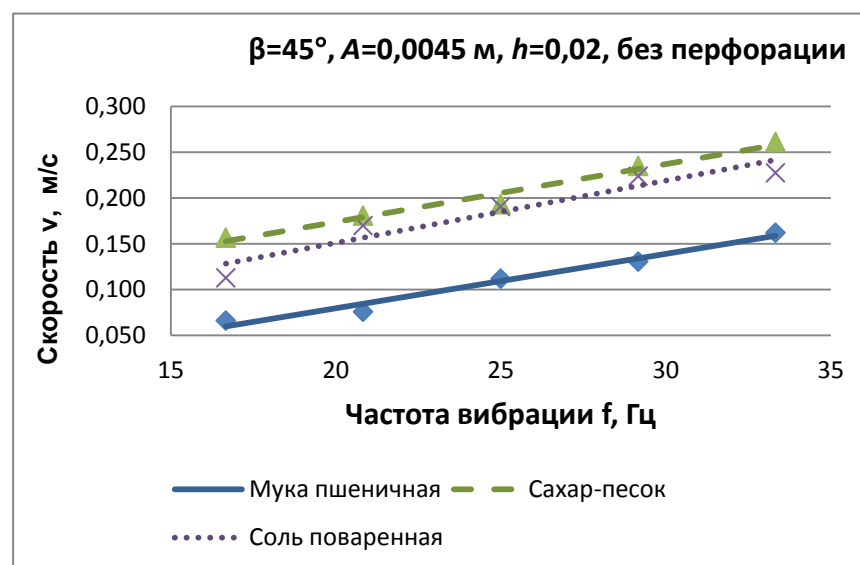


Рисунок 4. Графическая зависимость скорости перемещения сыпучих материалов вверх по рабочему органу от частоты вибрации (f)

Из рисунка 4 видно, что материал, обладающий большей сыпучестью быстрее вибротранспортируется по поверхности рабочего органа аппарата. Аппроксимирующие уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.005f - 0.038 \quad (\text{мукапшеничная}) \\ v_2 &= 0.006f - 0.047 \quad (\text{сахар} - \text{песок}) \\ v_3 &= 0.006f - 0.015 \quad (\text{сольповаренная}) \end{aligned} \quad (4)$$

На рисунке 5 группа линий, отражающих влияние диаметра отверстий d рабочего органа и частоты f вибрации на скорость (мука пшеничная хлебопекарная первого сорта, угол вибрации $\beta=45^\circ$, амплитуда вибрации $A=0,0045$ м, высота ВКС $0,02$ м).

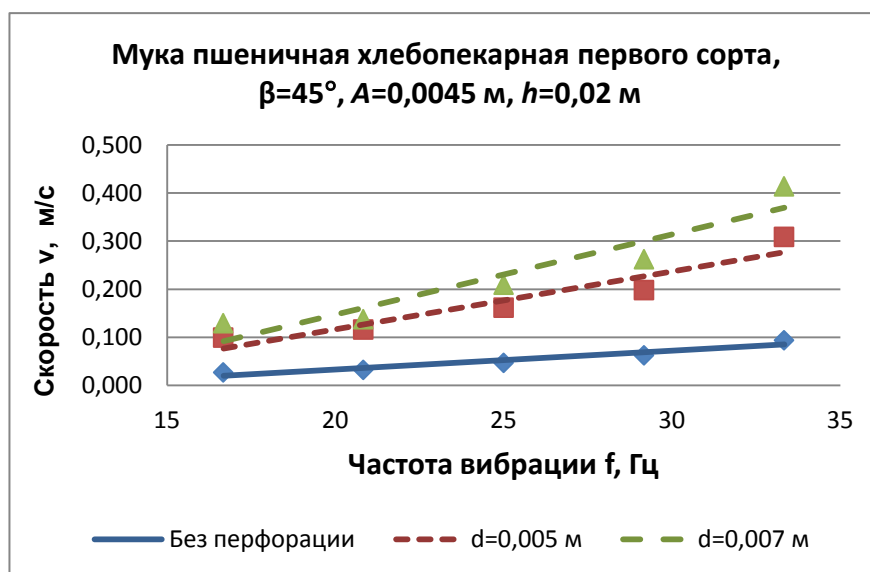


Рисунок 5. Графическая зависимость скорости перемещения сыпучих материалов вверх по рабочему органу от диаметра перфорации рабочего органа (d) и частоты вибрации (f)

Из рисунка 5. видно, что чем больше диаметр перфорации рабочего органа d , тем выше скорость вибротранспортирования материала. Аппроксимирующие уравнения имеют вид:

$$\begin{aligned} v_1 &= 0.005f - 0.038 \quad (\text{безперфорации}) \\ v_2 &= 0.012f - 0.123 \quad (10 \text{ отв., } d = 0,005 \text{ м,}) \\ v_3 &= 0.016f - 0.185 \quad (10 \text{ отв., } d = 0,007 \text{ м}) \end{aligned} \quad (5)$$

Анализ результатов исследований определения влияния параметров вибрации на скорость транспортирования показал, что скорость вибротранспортирования v возрастает с увеличением частоты колебаний рабочего органа f и амплитуды колебаний A , а некоторое снижение ее прироста в исследуемом диапазоне можно объяснить увеличивающимся эффектом проскальзывания материала по отношению к вибрирующей поверхности в режиме его отрывного движения по рабочему органу.

Литература

1. Лищенко В.Ф. Мировая продовольственная проблема: белковые ресурсы(1960-2005гг.). М.: ДеЛи принт, 2006. С-272.
2. Пащенко Л.П., Жаркова И.М. Рациональное использование растительного белкособдержавшего сырья в технологии хлеба. Воронеж: ФГУП ИПФ «Воронеж», 2003. С. 239.
3. Тутельян В.А. О нормах физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации // Вопросы питания. 2009. Т. 78. № 1 С. 4-15.
4. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛипринт, 2008. 272 с.
5. Косован А.П., Дремучева Г.Ф., Поландова Р.Д. Методическое руководство по определению химического состава и энергетической ценности хлебобулочных изделий. М.: Московская типография № 2, 2008. С. 208.