

УДК 664.8.047.75

*Болтенко Ю.А.,  
Родичева Н.В.***РЕОЛОГИЯ ОВОЩНЫХ ПОРОШКОВ****Болтенко Юрий Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент  
Белгородский государственный национальный исследовательский университетул. Победы, 85, г. Белгород, 308015, Россия; *E-mail: boltenko@bsu.edu.ru***Родичева Наталья Владимировна**, кандидат технических наукЗАО «Хлебокомбинат «Пеко», г. Москва; *E-mail: natalia\_popova@bk.ru***АННОТАЦИЯ**

Питание населения является важной общественной и социальной проблемой. Изменение образа жизни населения и падение или, наоборот, поднятие уровня жизни, связанные с потребностями в увеличении энергозатрат пищи, неадекватным потреблением витаминов и минералов, а вместе с ним и раздельное использование продуктов питания и биологически активных веществ, привело к необходимости создания функциональных продуктов питания. В России появление функциональных продуктов питания на рынке значительно опережает знания о них в медицинских сообществах, разрабатывающих и производящих эту продукцию, и уж тем более у населения. При производстве хлебобулочных изделий из пшеничной муки внесение, например, продуктов переработки тыквы, моркови, столовой свеклы и картофеля позволяет повысить не только пищевую ценность готовых изделий, но и улучшить органолептические и физико-химические показатели их качества, в первую очередь это касается цвета и структуры пористости мякиша хлеба, а также его вкуса и аромата.

**Ключевые слова:** реология, хлеб, морковь, тыква, вязкость, порошок.

*Boltenko Y.A.,  
Rodicheva N.V.***RHEOLOGY OF VEGETABLE POWDERS****Boltenko Yuriy Alexeevich**, PhD in Technical Sciences, Associate Professor  
Belgorod State National Research University; 85 Pobedy St., Belgorod. 308015, Russia*E-mail: boltenko@bsu.edu.ru***Rodicheva Natalya Vladimirovna**, PhD in Technical Sciences

Peko Bread-baking Complex, Private Joint-stock Company, Moscow

*E-mail: natalia\_popova@bk.ru***АБСТРАКТ**

Food is an important public and social problem. Changing lifestyles, the falling, or, conversely, raising standard of living associated with the need to increase the energy of food, inadequate intake of vitamins and minerals, and with it the separate use of food products and biologically active substances has led to the need for developing functional foods. In Russia, the emergence of functional food products on the market is well ahead of the knowledge about these products in the medical community responsible for their manufacture. The population also lacks this knowledge. In the production of bakery products from wheat flour, adding the products after processing pumpkin, carrots, beetroots and potatoes can both raise the nutritional value of the finished products and improve the organoleptic and physical-chemical indicators of their quality. In particular, this applies to the color and structure of grain of bread, its aroma and flavor.

**Keywords:** rheology; bread; carrots; pumpkin; viscosity; powd.

Использование достаточно дешевого овощного сырья при производстве хлебобулочных изделий позволит обеспечить население РФ независимо от его социального положения и уровня жизни, необходимыми питательными веществами.

Выбор продуктов переработки овощей, в частности, тыквы, моркови, столовой свеклы и картофеля при производстве хлебобулочных изделий связан с особенностями химического состава вносимых рецептурных компонентов, в состав которых входят витамины, макро- и микроэлементы, обладающие антиоксидантной активностью.

Внесение овощных порошков оказывает влияние на протекание биотехнологических операций процесса производства хлебобулочных изделий – созревание теста и окончательную расстойку тестовых заготовок через интенсификацию жизнедеятельности микроорганизмов, а также изменяет реологическое поведение полуфабрикатов. Установление критических точек (в соответ-

ствии с требованиями НАССР) реологических свойств полуфабрикатов с овощными добавками – деформационных характеристик, эффективной вязкости, скорости релаксации механических напряжений и др. позволит определять оптимальные дозировки овощных порошков ингредиентов и соответственно дозировку воды с учетом технологических свойств муки и, одновременно, прогнозировать качество производимых хлебобулочных изделий.

В данной работе использовались порошки моркови, тыквы, столовой свеклы, полученные с помощью инфракрасной сушки, а также два вида порошков картофеля сортов «Астерикс» и «Элдена» – кондуктивным (контактным) методом сушки до получения картофельных хлопьев с дальнейшим измельчением до порошка. Для порошков определяли такие показатели как влажность, плотность, деформацию прессования, среднеэквивалентный размер частиц, значения которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Физико-химические характеристики овощных порошков, полученных инфракрасной сушкой*

*Physical and chemical characteristics of vegetable powders made by infrared drying*

Виды овощных порошков	Физико-химические характеристики			
	$W, \%$	$d_{\text{экв}}, \text{мкм}$	$\rho_n, \text{кг/м}^3$	$h_{\text{прес}}, \text{мм}$
Порошок моркови	8,4	131	477	4,8
Порошок тыквы	7,9	139	615	2,7
Порошок столовой свеклы	8,0	127	559	3,08
Порошок картофеля	6,5	115	210	2,93

Оценку реологического поведения порошков осуществляли по изменению напряжения их сжатия с помощью инденторов

«Поршень  $\varnothing 49$ », «Цилиндр  $\varnothing 36$ » и прибора «Структурометр СТ-1» [7]. Кривые прессования овощных порошков приведены на рис. 1.

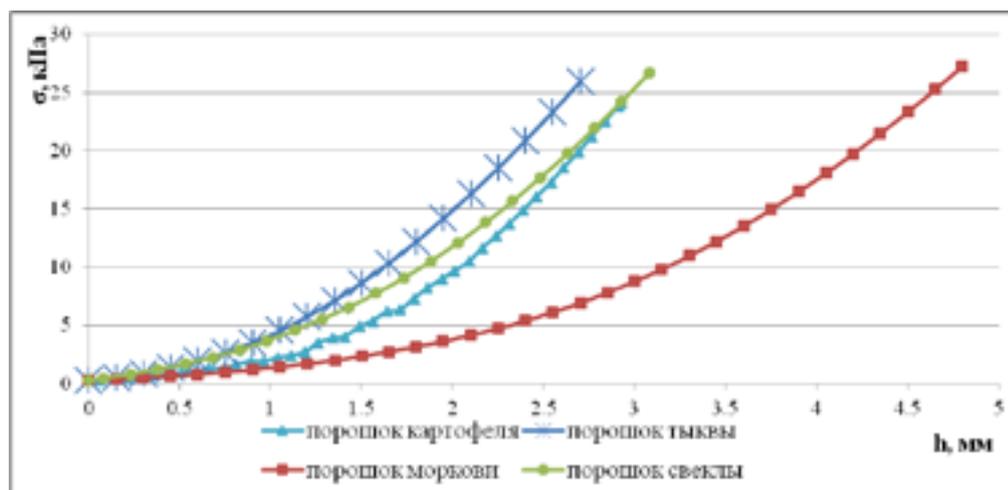


Рис.1. Изменение напряжения сжатия при прессовании овощных порошков  
 Fig. 1. Changes in compression strain in the process of pressing vegetable powders

При одинаковом насыпном объеме овощных порошков и фиксированном усилии нагружения ( $F = 50H$ ) величина деформации порошка моркови при прессовании оказалась на 40% больше, чем у трех других. Это, предположительно, можно объяснить тем, что при сушке морковной стружки удаляемая влага в большей степени разуплотняет ее волокнистую структуру.

Для оценки изменения микроструктуры овощных порошков при тепловой обработке получены кривые энтальпии с использованием дифференциального сканирующего кало-

риметра (ДСК) ДСМ-10МА производства ИБП РАН (г. Пущино), который обеспечивал нагрев проб порошков тыквы, моркови и столовой свеклы от 50 до 215 °С и для порошков картофеля в диапазоне от 50 до 260 °С со скоростью нагрева 8 °С/мин (см. рис. 2 и 3). Метрологические характеристики прибора калибровалась по сертифицированным стандартным образцам температур и энергий фазовых переходов нафталина ( $80,28 \pm 0,2$  °С, 150 Дж/г), индия ( $156,45 \pm 0,2$  °С, 28,44 Дж/г) и олова ( $231,75 \pm 0,3$  °С, 60,67 Дж/г) по методическим указаниям МИ 496-84.

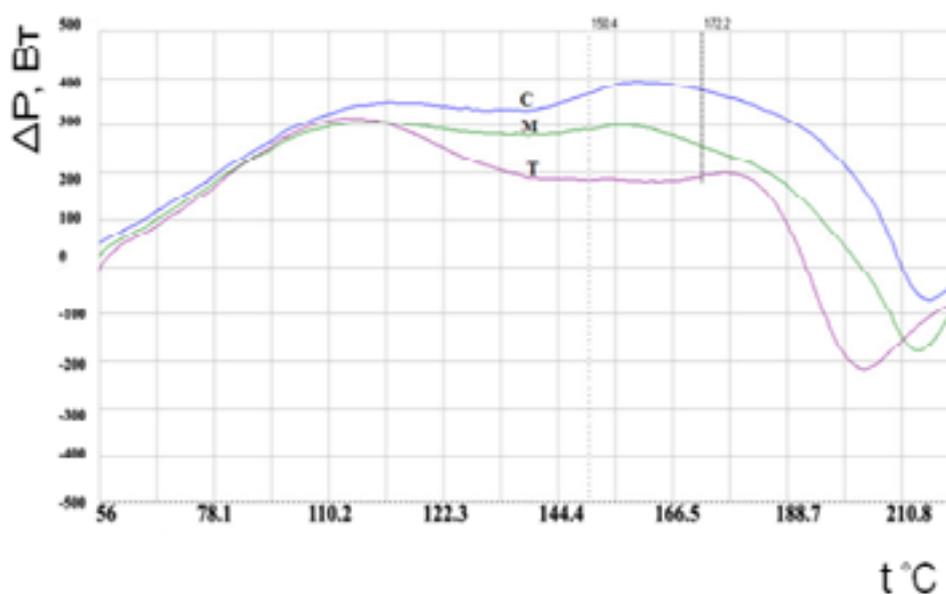


Рис. 2. Изменение энтальпии овощных порошков при их нагревании:  
 C – порошок столовой свеклы; M – порошок моркови; T – порошок тыквы  
 Fig. 2. Changes in enthalpy of vegetable powders in the process of heating:  
 C – beetroot powder; M – carrots powder; T – pumpkin powder

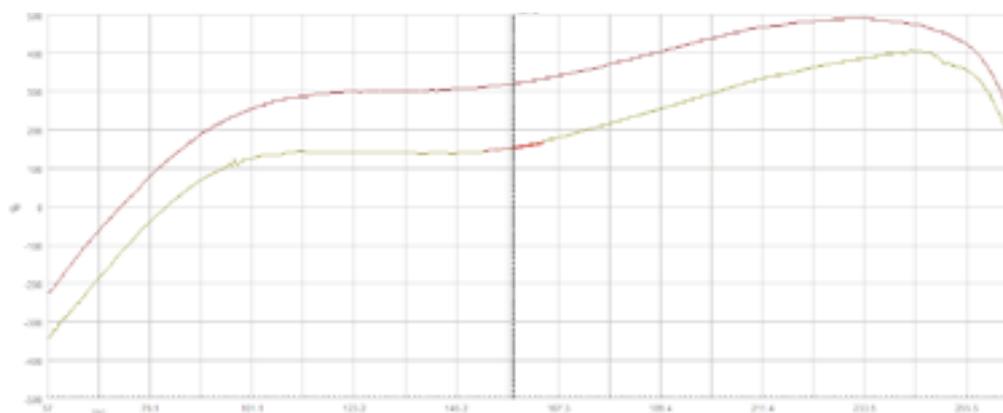


Рис. 3. Изменение энтальпии порошка картофеля (K) при его нагревании  
 Fig. 3. Changes in enthalpy of potatoes powder (K) in the process of heating

На термограммах рис. 2 и 3 овощных порошков наблюдается два эндотермических пика: первый, в диапазоне от 50 до 140°C (для Т, М, С) и от 50 до 120°C (для К), отражающий процесс испарения воды; второй, на уровне 150°C (для М и С), 157, 5°C (для К) и 172°C (для Т), отражающий переход первоначальной волокнистой или кристаллической структуры в пластическое или расплавленное состояние. Это говорит о том, что при выпечке хлебобулочных изделий, в рецептуру которого входят порошки, не будет происходить их термического разложения, так как мякиш хлеба прогревается максимум до 96–98°C, т.е. при производстве хлебобулочных изделий нативные физиологические свойства порошков сохранятся. На поверхности корки хлеба, которая прогревается до 180°C, наоборот произойдет плавление порошков, которое будет способствовать повышению ее глянцеvitости и степени равномерности окраски.

Формирование структуры полуфабриката начинается на стадии его приготовления, основополагающей операцией которой является замес теста. Оценивая реологическое поведение, например, пшеничного теста при замесе по параметрам фаринограммы устанавливается в первую очередь консистенция теста и момент его готовности. Консистенция теста позволяет устанавливать необходимое количество воды, но при этом отсутствует информация о вязкости теста после замеса, т.е. информация о связности коагуляционной структуры для ржаного теста и коагуляционно-кристаллизационной структуры для пшеничного теста.

Существующие ротационные вискозиметры не позволяют измерять вязкость пшеничного теста, являющегося упруго-вязко-пластичным материалом, поэтому были разработаны современные методы контроля вязкости пшенично-

го и ржаного теста. Для разработки методов использовали информационно-измерительную систему, включающую прибор «Структурометр СТ-2» (Россия), разъемную кювету и индентор «Пластина ребристая», которые в свое время использовали для получения кривой ползучести с помощью прибора «Вейлера-Рейндера». Таким образом, разработанные методы контроля вязкости пшеничного и ржаного теста, заключаются в определении усилия нагружения на инденторе «Пластина ребристая», обеспечивающим определенную относительную деформацию полуфабрикатов, а затем в установлении параметров экспоненциального закона релаксации механических напряжений для пшеничного теста и параметров течения ржаного теста, с последующим расчетом искомой реологической характеристики.

Для определения влияния овощных порошков на реологические свойства теста и качество готового хлеба нами осуществлялся контроль кинетики реологического поведения пшеничного и ржаного теста в процессе замеса с разными дозировками порошка тыквы и моркови для пшеничного и порошка столовой свеклы для ржаного теста. Замес пшеничного и ржаного теста осуществляли до готовности, на приборе «Do-Corder С3» (фирма «Vrabender»-Германия), которая фиксировалась по экстремальному максимальному значению величины крутящего момента на приводе месильных органов. Консистенция пшеничного и ржаного теста составила 640±10 е.Ф. и 250±10 е.Ф. соответственно.

Перед проведением пробных лабораторных выпечек проводили оценку реологических свойств пшеничного и ржаного теста после замеса, результаты которой представлены на рис. 4 и 5.

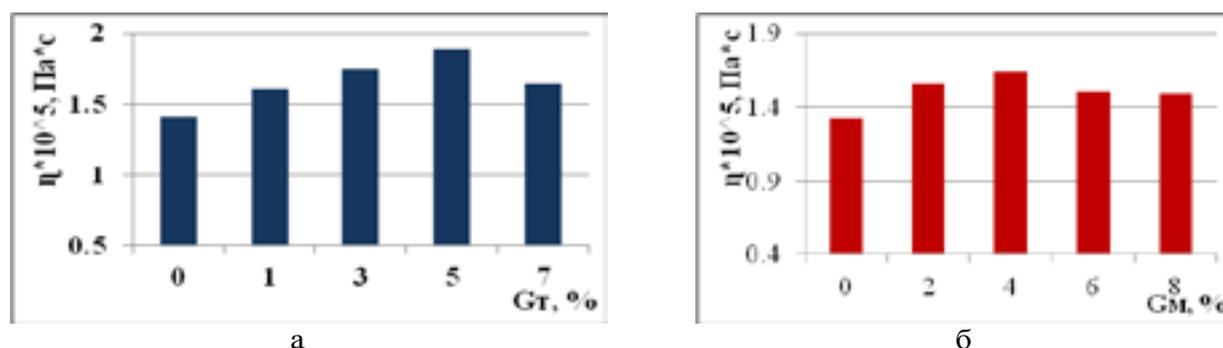


Рис. 4. Изменение вязкости ( $\eta$ ) пшеничного теста в зависимости от дозировки порошков тыквы (а) и моркови (б)

Fig. 4. Changes in viscosity ( $\eta$ ) of wheat dough in relation to the dosage of pumpkin powder and carrots powder

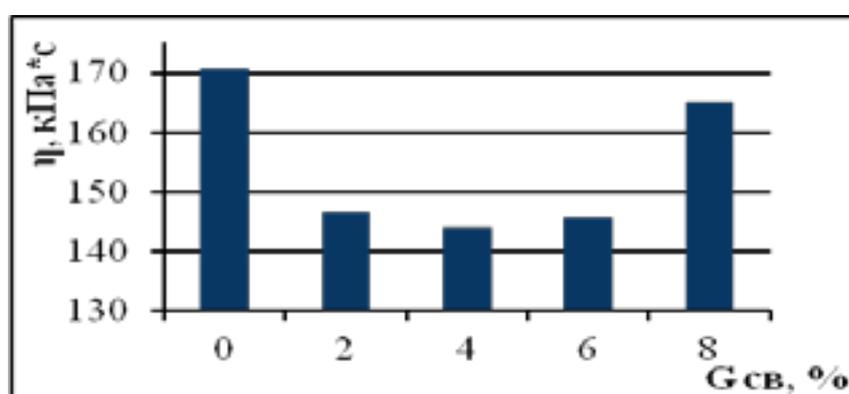


Рис. 5. Изменение вязкости ( $\eta$ ) ржаного теста после замеса в зависимости от дозировки порошка столовой свеклы

Fig. 5. Changes in viscosity ( $\eta$ ) of rye dough in relation to the dosage of beetroots powder

Максимальные значения эффективной вязкости пшеничного теста наблюдаются при внесении порошков тыквы и моркови в количествах 5 и 4% соответственно. Это говорит о том, что при данных дозировках проявляется наибольшая реакционная способность порошков в формировании и укреплении структуры теста при замесе до его готовности. При этом установлено, что внесение порошков способствует укреплению клейковины, оцениваемому с помощью прибора ИДК-3М (ООО «ПЛАУН-системы», Россия). С внесением различных дозировок порошка столовой свеклы показатель вязкости ржаного теста изменяется по параболическому закону, минимальное значение у которой соответствовало дозировке порошка, равной 4%.

После проведения пробных лабораторных выпечек хлебобулочных изделий из пшеничной и ржаной муки подтверждены дозировки используемых в работе овощных порошков и установлено их влияние на органолептические и физико-химические показатели качества. Удельный объем и пористость которых находились в следующих пределах: для пшеничного

хлеба – 4,5 см<sup>3</sup>/г и 85%, для ржаного хлеба – 1,5-1,8 см<sup>3</sup>/г и 58-62%.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Определены физико-химические свойства овощных порошков: деформация прессования, плотность, гранулометрический состав.

2. Установлены температуры перехода в пластическое состояние овощных порошков: для порошков тыквы – 172 °С, для картофеля – 157,5 °С, для моркови и столовой свеклы – 150 °С, указывающие на сохранение их нативных физиологических свойств при выпечке хлебобулочных изделий.

3. Установлено влияние дозировок порошка тыквы и моркови на реологическое поведение пшеничного теста после замеса, а также показатели качества готовых изделий.

4. Установлено влияние дозировки порошка столовой свеклы на реологическое поведение ржаного теста после замеса, а также показатели качества готовых изделий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, Г. В., Вороненко, Б. А., Лукин, Н. И. Математические методы в пищевой инженерии / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, Н. И. Лукин. СПб.: Издательство «Лань», 2012. 176 с. / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.
2. Косой, В. Д. Инженерная реология биотехнологических сред / В. Д. Косой, Я. И. Виноградов, А. Д. Малышев. СПб.: ГИОРД, 2005. – 648 с.
3. Кузнецов, О. А., Волошин, Е. В., Сагитов, Р. Ф. Реология пищевых масс / О. А. Кузнецов, Е. В. Волошин, Р. Ф. Сагитов. Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2005. 106 с.
4. Максимов, А. С. Лабораторный практикум по реологии сырья, полуфабрикатов и готовых изделий хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств / А. С. Максимов, В. Я. Черных. М.: ИК МГУПП, 2004. 162 с.
5. Мачихин, Ю. А., Мачихин, С. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. ИК МГУПП, 2004, 216 с.
6. Мука пшеничная. Общие технические условия: ГОСТ Р 52189-2003. Введ. 01.01.2005. М., 2005. 10 с.
7. Мука пшеничная. Физические характеристики теста. Определение водопоглощения и реологических свойств с применением фаринографа : ГОСТ Р 51404-99. Введ. 01.01.2001. М., 2001. 12 с.
8. Никифорова, Т. Научные основы производства продуктов питания : учебное пособие / Т. Никифорова, Д. Куликов, Е. Волошин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». Оренбург : ОГУ, 2012. – 121 с.: табл.; [Электронный ресурс]. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259286> (28.02.2015).
9. Пучкова, Л. И. Лабораторный практикум по технологии / Л. И. Пучкова. 4-е изд., доп. и перераб. СПб.: ГИОРД, 2004. 264 с.
10. Пучкова, Л. И. Технология хлеба, кондитерских и макаронных изделий / Л. И. Пучкова, Р. Д. Поландова, И. В. Матвеева. СПб.: ГИОРД, 2005. 557 с.

## REFERENCES

1. Alekseev, G. V., Voronenko, B. A., Lukin, N. I. *Mathematical Methods in Food Engineering* / G. V. Alekseev, B. A. Voronenko, N. I. Lukin. SPb.: Publishing «Lan», 2012. 176 p. / [Electronic resource] Access: <http://e.lanbook.com>.
2. Kosoy, V. D. *Engineering rheology biotechnological media* / V. D. Squint Ya. I. Vиноgradov, A. D. Malyshev. SPb.: GIORД, 2005. 648 p.
3. Kuznetsov, O. A., Voloshin, E. V., Sagitov, R. F. *Rheology of food masses* / O. A. Kuznetsov, E. V. Voloshin, R. F. Sagitov. Orenburg : IPK GOU OSU, 2005. 106 p.
4. Maximov, A. S. *The Laboratory Manual on the Rheology of Raw Materials, Semi-finished Products and Finished Products of the Baking, Pasta and Confectionery Production* / Maximov, V. Ya. Chernykh. M.: IK MGUPP. 2004. 162 p.
5. Machihin, A., Machihin, S. A. *Engineering rheology of food materials* / Y. A. Machihin, S. A. Machihin. IR MGUPP, 2004. 216 p.
6. *Wheat Flour. General Specifications: GOST P 52189-2003. – Vved. 01.01.2005. M. 2005. 10 p.*
7. *Wheat Flour. Physical Characteristics of Dough. Determining Water Absorption and Rheological Properties with Application of a Farinograph: GOST P 51404-99. Vved. 01.01.2001. M. 2001. 12 p.*
8. Nikiforov, T. *Scientific basis for food production: a tutorial* / T. Nikiforov, Dmitry Kulikov, E. Voloshin; Ministry of Education and Science, VPO «Orenburg State University.» Orenburg: OSU, 2012. 121 p.: Table.; [Electronic resource]. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259286> (28.02.2015).
9. Puchkova, L.I. *The Laboratory Manual on Technology*: L. I. Puchkova. 4-eizd., and rev. and additional. SPb.: GIORД, 2004. 264 p.
10. Puchkova, L. I. *The Technology of Bread, Confectionary and Pasta Products* / L. I. Puchkova, R. D. Polandov, I. V. Matveev. St. Petersburg: GIORД, 2005. 557 p.

### Рецензент:

**Ремнев А.И.**, профессор, доктор технических наук, доцент,  
Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»)