

**Медведев П.В., Федотов В.А.**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Медведев Павел Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры финансов и менеджмента

Оренбургский филиал РЭУ им. Плеханова Г.В.

Тел.: 8 (903) 365 67 00

Федотов Виталий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых производств

Оренбургский государственный университет, Россия

Тел.: 8 (922) 830 62 07

*В настоящее время отмечается тенденция ухудшения технологических свойств зерна пшеницы, которая влечет за собой закономерное снижение качества хлебобулочных изделий. Вследствие чего традиционным стало повсеместное использование готовых смесей и улучшителей качества в хлебопекарном производстве. Достижение необходимого высокого качества хлебобулочных изделий возможно за счет гибкого управления технологическими режимами производства, что, в свою очередь, возможно лишь при максимально достоверной оценке хлебопекарных достоинств зернового сырья.*

*Следовательно, важной задачей хлебопекарной промышленности является минимизация анализируемых факторов формирования качества для повышения прогностической способности потребительских свойств хлебобулочных изделий. Ее решение может быть достигнуто с помощью выработки производственных решений за счет установления определенных технологических параметров производства на основе сведений о качестве используемой пшеничной муки.*

*Цель исследования – изучение влияния физико-химических параметров зерна пшеницы на формирование качества хлебобулочных изделий и, на основе обнаруженных закономерностей, выработка методологических подходов к управлению качеством хлебобулочных изделий.*

*Проводили лабораторные помолы зерна наиболее популярных сортов пшениц Оренбургской области на мельнице Nageta, производимая мука соответствовала первому сорту. Производили выпечки хлеба опарным способом по рецептуре хлеба белого. В качестве управляющего технологического параметра производства при выработке хлеба использовали показатель влажности опары. Готовили опары влажности от 41 % до 72 % с шагом 1 %. В качестве физико-химического показателя качества зерна, с высокой степенью значимости определяющего хлебопекарные качества муки, использовали показатель твердозерности зерна.*

*Установлено, что управление качеством хлебобулочных изделий возможно за счет выбора влажности опары с учетом твердозерности зерна, служившего сырьем для производства муки.*

**Ключевые слова:** *хлеб белый, системы управления, управление качеством, формирование качества, твердозерность зерна, хлебобулочные изделия, технологические свойства зерна, качество хлеба, объемный выход хлеба.*

**Для цитирования:** Медведев П.В., Федотов В.А. Совершенствование методологии оценки технологических свойств зерна и прогнозирования качества хлебобулочных изделий // Новые технологии. 2019. Вып. 3(49). С. 73-85. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10307.

**Medvedev P.V., Fedotov V.A.**

### **IMPROVEMENT OF METHODOLOGY FOR ASSESSING TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GRAIN AND FORECASTING BAKERY PRODUCT QUALITY**

Medvedev Pavel Victorovich, Doctor of Technical Sciences, a professor of the Department of Finance and Management

Orenburg branch of REU named after G.V. Plekhanov, Russia

Tel.: 8 (903) 365 67 00

Fedotov Vitaliy Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, an associate professor of the Department of Food Production Technology

Orenburg State University, Russia

Tel.: 8 (922) 830 62 07

*Currently, there is a trend of deterioration in technological properties of wheat grain, which entails natural decrease in the quality of bakery products. As a result, the widespread use of ready-made mixes and quality improvers in the baking industry has become traditional. Achieving the required high quality of bakery products is possible due to the flexible management of technological production modes, which, in turn, is possible only with the most reliable assessment of baking advantages of grain raw materials.*

*Therefore, an important task of the baking industry is to minimize the analyzed factors of quality formation in order to increase the prognostic ability of consumer properties of bakery products. The solution can be achieved by developing production solutions due to the establishment of certain technological production parameters based on information about the quality of wheat flour used.*

*The purpose of the research is to study the influence of the physical and chemical parameters of wheat grain on the formation of the quality of bakery products and, based on the patterns found, development of methodological approaches to quality management of bakery products.*

*Laboratory grain milling of the most popular wheat varieties of the Orenburg region has been carried out at Nagema mill; the flour produced corresponds to the first grade. Bread has been made by a sponge dough method according to the white bread recipe. Sponge dough*

*humidity indicator has been used as a controlling technological production parameter during bread making process. Sponge dough humidity has been 41 % to 72 % with a step of 1 %. Grain quality has been determined by grain hardness, that is, a physical and chemical indicator determining the baking quality of flour.*

*It has been established that quality control of bakery products is possible due to the choice of dough humidity, taking into account the hardness of grain, which serves as raw material for the production of flour.*

**Keywords:** *white bread, control systems, quality management, quality formation, grain hardness, bakery products, technological properties of grain, bread quality, volumetric yield of bread.*

**For citation:** Medvedev P.V., Fedotov V.A. Improvement of methodology for assessing technological properties of grain and forecasting bakery product quality // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Iss. 3(49). P. 73-85. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10307.

Ухудшение технологических свойств пшеницы влечет за собой закономерное снижение качества хлебобулочных изделий. Вследствие чего традиционным стало повсеместное использование готовых смесей и улучшителей качества в хлебопекарном производстве. [1]

Достижение высокого качества хлебобулочных изделий возможно за счет гибкого управления технологическими режимами производства, что, в свою очередь, возможно лишь при максимально достоверной оценке хлебопекарных достоинств зернового сырья. Системный подход к оценке потенциала пшениц должен включать в себя определение физико-химических свойств зерна и продуктов его переработки на протяжении всего «жизненного цикла». [2]

Сведения о взаимосвязях показателей качества зерна с потребительскими свойствами готовой продукции разрознены, что вызвано одновременным совместным влиянием генотипических и агроэкологических факторов. Кроме того, методики определения показателей качества зерна, принятые в производстве, сопряжены с большой трудоемкостью, недостаточной точностью, а результаты анализов сложностями в интерпретации степени влияния факторов на качество сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. [3]

Отсутствие единства в оценке свойств зерна пшеницы создает определенные трудности во внешней торговле. В американском стандарте пшеницы различают по показателю твердости зерна (твердозерности), поскольку твердозерные и мягкозерные пшеницы характеризуются существенными различиями технологических свойств. В российской зерноперерабатывающей промышленности, ввиду отсутствия инструментальной и методологической базы для экспрессного определения твердозерности, такого разделения не делают. Отчасти этот показатель заменяет широко используемый для классификации зерна и легко определяемый визуально показатель стекловидности. Данный показатель характеризуется высокой лабильностью: при

одинаковых показателях стекловидности разные сорта пшеницы характеризуются существенными различиями хлебопекарных свойств. [4]

Необходимость в совершенствовании методологических подходов к оценке и прогнозированию качества сырья, полуфабрикатов, хлебобулочных изделий из пшеничной муки, а также управление параметрами производственного цикла для получения готовой продукции стабильного качества из зерна с различными технологическими свойствами обуславливает актуальность темы исследований.

Целью проведенных исследований стало изучение влияния физико-химических параметров зерна пшеницы на формирование качества хлебобулочных изделий и, на основе обнаруженных закономерностей, выработка методологических подходов к управлению качеством хлебобулочных изделий.

В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи исследования:

- на основе анализа данных литературных источников определить наиболее существенные факторы формирования качества хлебобулочных изделий на примере хлеба белого из муки первого сорта, производимого опарным способом;
- оценить влияние физико-химических свойств зерна пшеницы и технологических параметров производства хлеба белого на его показатели качества;
- сформировать подходы к улучшению качества хлеба белого за счет варьирования технологических параметров производства (влажности опары) с учетом физико-химических качеств пшеницы (твердозерности зерна пшеницы).

Твердость зерна оценивалась по показателю микротвердости – способности зерна сопротивляться вдавливанию на микротвердомере ПМТ-3. Диапазон значений твердозерности в кг/мм<sup>2</sup>: низкотвердозерного – менее 10 кг/мм<sup>2</sup>, среднетвердозерного – от 10 до 15 кг/мм<sup>2</sup>, высокотвердозерного – от 15 до 20 кг/мм<sup>2</sup>, сверхвысокотвердозерного – больше 20 кг/мм<sup>2</sup>.

В качестве регулируемых показателей качества хлеба анализировали: объемный выход хлеба, который варьировался в диапазоне от 200 до 600 см<sup>3</sup>/100 г муки и интегральную характеристику органолептической оценки хлеба по 100-балльной шкале по разработанной МГУПП методике. Данная методика позволяет в комплексе оценить органолептически основные показатели качества изделий из муки, учитывая значимость каждого из показателей в 5-балльной системе. [5] Объемный и весовой выход хлеба, его формоустойчивость определяли по ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба».

Поскольку опарному способу присуща большая технологическая гибкость в сравнении с безопарным способом, производили хлеб по стандартной рецептуре хлеба белого из пшеничной муки высшего, первого и второго сортов опарным способом [7]. Хлеб белый из муки пшеничной высшего, первого и второго сортов вырабатывается формовым и подовым штучным массой от 0,5 до 0,85 кг. [8]

В зависимости от процентного соотношения данных компонентов опары бывают: густые, большие густые, жидкие, жидкие солёные. На предприятиях количество воды, необходимое для замешивания опары и теста, определяется расчетным путем и зависит от

общего количества сырья, идущего на замес теста, от влажности используемого сырья, а также от влажности теста, которую необходимо получить в конечном итоге. [9, 10]

Объектами исследований стали образцы 13 наиболее распространенных сортов пшеницы урожая 2014-2018 годов, выращенные в западной, центральной и восточной зонах Оренбургской области. Исследованные сорта – в настоящее время лидеры посевов в нашем регионе, на их долю приходится до 80 % площади сельскохозяйственных угодий, отведённых под посев пшеницы в Оренбуржье – Варяг, Оренбургская 13, Оренбургская 10, Учитель, Прохор, Безенчукская Янтарь и другие [11].

Используемая в качестве сырья мука производилась из зерна, характеризующегося широким диапазоном твердозерности (от 10 до 28 кг/мм<sup>2</sup>). Производимая в результате помола на лабораторной мельнице Nagema мука соответствовала муке первого сорта. [12]

Из исследуемых образцов муки производили лабораторные выпечки хлеба. Готовили образцы опар, влажность которых варьировали от 41 % до 72 % с шагом 1 %, чтобы охватить весь возможный диапазон влажности используемых в производстве опар. Основываясь на показателях качества, производимых образцов хлеба (объемный выход, формоустойчивость, общая балловая оценка, весовой выход хлеба), устанавливали наиболее оптимальную влажность опары для муки из пшеницы с заданной твердозерностью зерна. [13]

Тесто замешивалось в фаринографе, а также в тестомесильной машине МТВК-80. Позже эксперименты были повторены на заводских тестомесильных машинах. [14] Минимальный весовой выход хлеба белого из муки первого сорта формового массой 0,75 кг 136,1 %, подового массой 0,5 кг 131 %. Расчетное значение весового выхода должно соответствовать плановому или превышать на 1-2 %. Расчет количества воды для замеса теста производят, исходя из этого планового весового выхода. [15]

Для упрощения модели формирования качества хлеба в зависимости от твердозерности зерна и влажности используемой опары использовали постоянную величину удельной работы при замесе теста для всех образцов хлеба. Продолжительность замеса теста устанавливалась, исходя из оптимальной удельной работы замеса теста (40 Дж/г). [16]

По результатам произведенных образцов хлеба были получены уравнения зависимостей показателей качества хлеба от структурно-механических свойств исходного сырья и технологических параметров тестоприготовления – влажности выбранной для производства опары (рисунки 1, 2, 3, 4):  $V$  – объемный выход, см<sup>3</sup> / 100 г муки;  $H/D$  – формоустойчивость;  $Est$  – общая балловая оценка, балл;  $B$  – весовой выход хлеба, %;  $X_1$  – твердозерность зерна, кг/мм<sup>2</sup>;  $X_2$  – влажность опары, %.

После обработки результатов экспериментов получены следующие уравнения регрессии формирования качества хлеба белого:

$$V = 79,519 \cdot X_1 - 15,153 \cdot X_2 - 3,489 \cdot X_1^2 + 0,852 \cdot X_1 \cdot X_2 + 220,063 \quad (r^2 = 0,89);$$

$$H/D = 0,099 \cdot X_1 - 0,0179 \cdot X_2 - 0,0041 \cdot X_1^2 + 0,0012 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,1813 \quad (r^2 = 0,74);$$

$$Est = 14,124 \cdot X_1 - 2,657 \cdot X_2 - 0,620 \cdot X_1^2 + 0,157 \cdot X_1 \cdot X_2 + 23,185 \quad (r^2 = 0,72);$$

$$B = 0,251 \cdot X_1 + 0,107 \cdot X_2 + 128,713 \quad (r^2 = 0,85);$$

Мука из низкотвердозерного зерна позволяет произвести хлеб с максимально возможным объемным выходом при минимальной влажности опары 40 %, с повышением твердозерности зерна для получения максимальных значений объемного выхода хлеба необходимо выбирать все более влажную опару (50-55 %). Однако, максимально возможный весовой выход хлеба из муки исходного зерна твердозерности до 14 кг/мм<sup>2</sup> достигается использованием как можно более влажной (жидкой) опары (вплоть до 70 %).

Для одновременного поддержания высокого качества производимой продукции (что можно оценить, например, по высокому объемному выходу) и ее рентабельности (что можно оценит по высокому весовому выходу) рекомендовано при выборе влажности опары достижение компромисса между ними. Такая влажность позволит производить качественный хлеб с достаточно высоким весовым выходом.

Ситуация меняется при использовании муки из зерна с твердозерностью от 14-15 кг/мм<sup>2</sup>, оптимальная влажность опары для получения хлеба с наилучшими показателями качества (объемного выхода, формоустойчивости, общей балловой оценки) от 50 до 55 %.

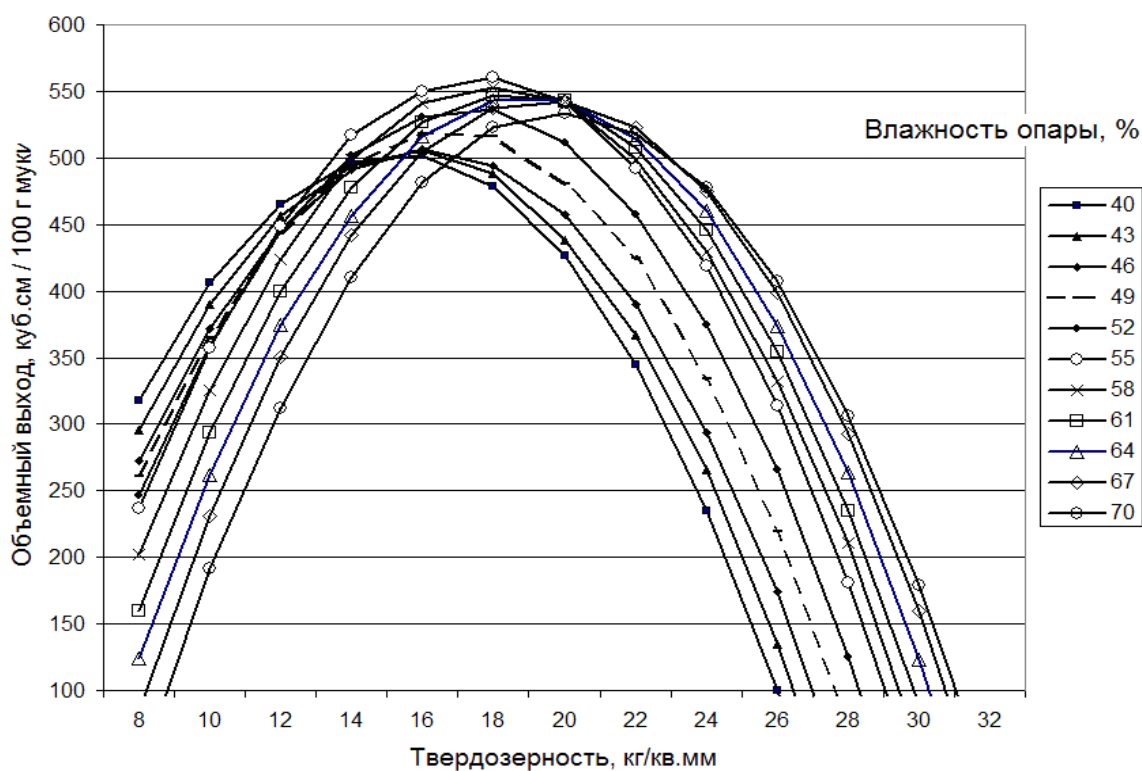


Рис. 1. Номограмма объемного выхода хлеба белого из муки первого сорта

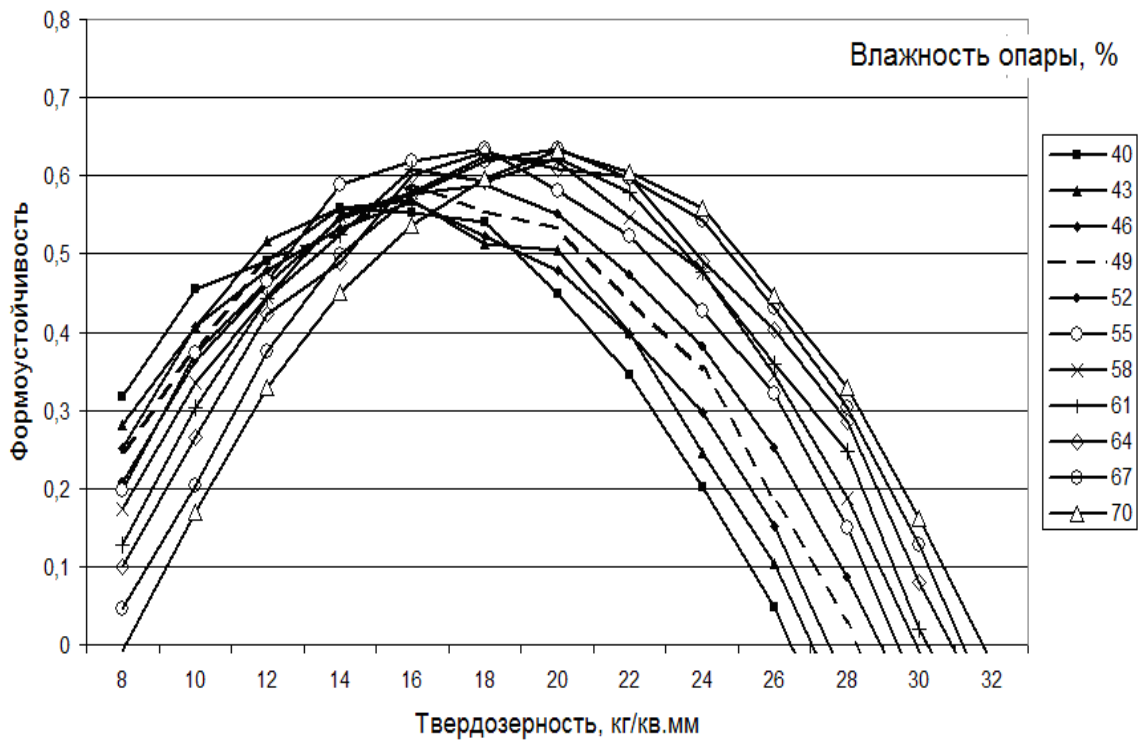


Рис. 2. Номограмма формоустойчивости хлеба белого из муки первого сорта

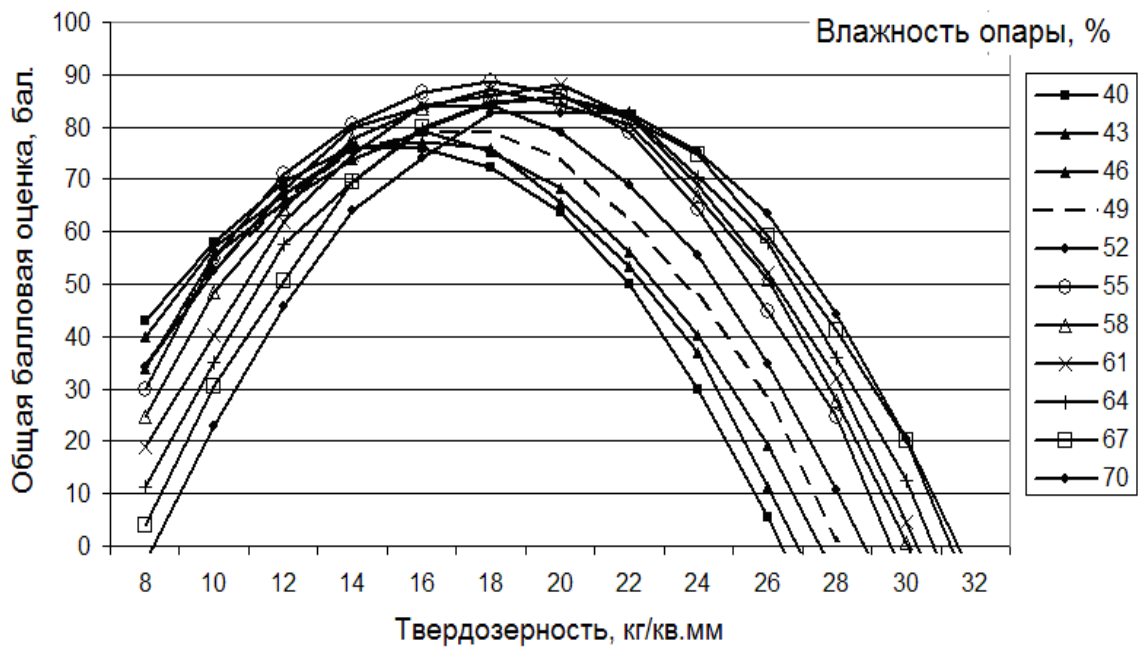
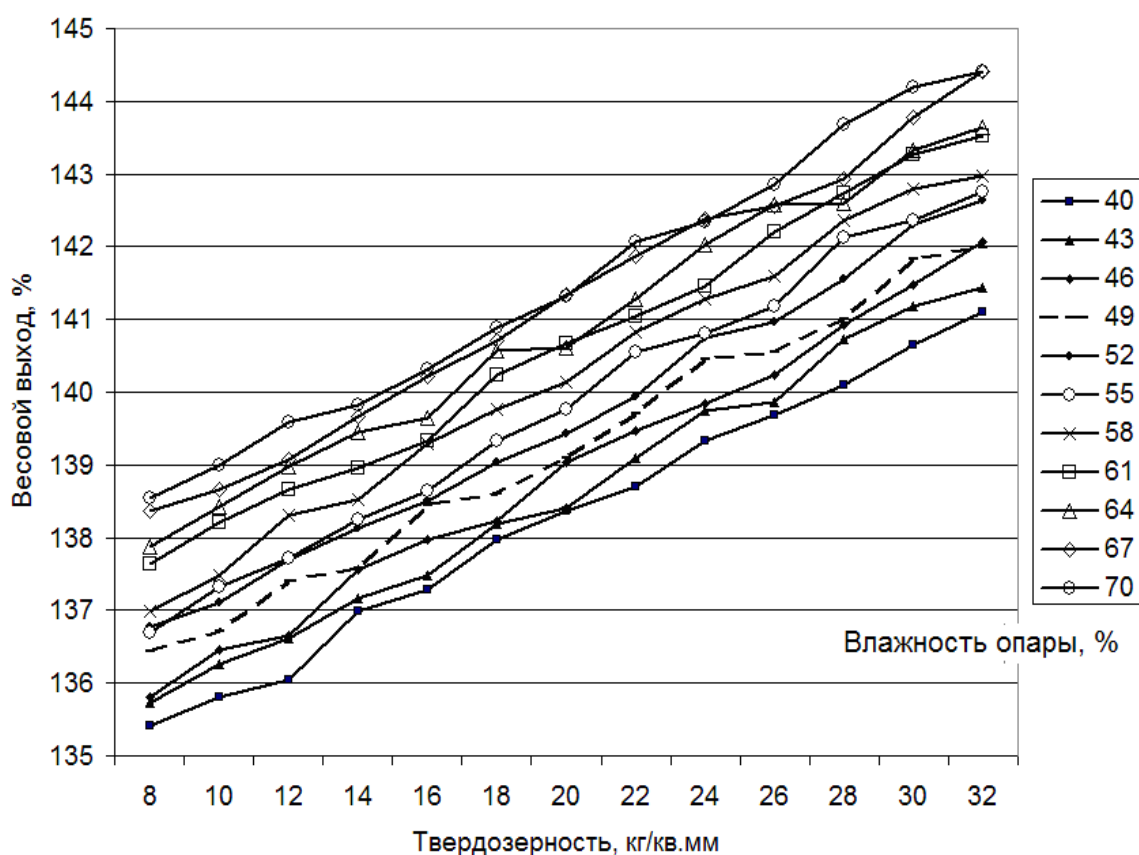


Рис. 3. Номограмма общей балловой оценки хлеба белого из муки первого сорта



**Рис. 4.** Номограмма весового выхода хлеба белого из муки первого сорта

Для муки из высокотвердозерного зерна (от 22 кг/мм<sup>2</sup>) предпочтительно использовать опары с влажностью выше 55 %, это позволит достигнуть и максимального объемного и весового выхода хлеба. Однако, качество получившегося хлеба – низкое по сравнению со среднетвердозерным зерном, ввиду чего предпочтительно использовать такую муку при производстве хлеба в качестве улучшителя.

Весовой выход хлеба белого из муки первого сорта, произведенного опарным способом, линейно увеличивается с повышением твердозерного зерна, из которого была произведена мука, и также линейно увеличивается с повышением влажности используемой опары (в среднем на 1 % при повышении влажности используемой опары на 8 %). Диаграммы изменения показателей качества хлеба демонстрируют предпочтительность влажности теста в зависимости от твердозерности исходного зерна.

Максимально возможные значения показателя объемного выхода хлеба и показателя весового выхода для муки из зерна с заданной твердозерностью в большинстве случаев достигаются использованием опар с различной влажностью. Например, для муки из зерна с твердозерностью 13 кг/мм<sup>2</sup> максимум объемного выхода 475 см<sup>3</sup>/100 г муки при использовании опары 40 % влажности; максимум весового выхода хлеба 139,8 % при использовании опары 70 % влажности.

Основываясь на традиционных способах приготовления опар в сравнении с выбором влажности опары с учетом твердозерности сырья по полученным номограммам, оценено качество производимого хлеба белого из пшеничной муки первого сорта (таблица 1). В среднем, прирост объемного выхода для хлеба белого составляет около 2 %.



Судя по данным корреляционно-регрессионного анализа, наиболее значимые показатели качества хлебобулочных изделий (объемный выход, формоустойчивость, общая балловая оценка, весовой выход хлеба) могут быть прогнозируемы, основываясь на показателях физико-химических свойств зерна пшеницы (твердозерность зерна) и технологических параметров производства хлеба (влажность опары).

Построенные уравнения регрессии формирования показателей качества хлеба белого из муки первого сорта, произведенного опарным способом, характеризуются высокими значениями коэффициента детерминации (0,72-0,89), что свидетельствует об их высокой степени достоверности. На их основе для наглядности и простоты выработки решения о предпочтительной влажности опары и прогнозировании показателей качества производимой хлебопекарной продукции получены соответствующие номограммы.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика объемного выхода (в см<sup>3</sup>/100 г муки) хлеба белого из пшеничной муки первого сорта, произведенного на опаре различной влажности

Образец	Твердозерность, кг/мм <sup>2</sup>	Влажность большой густой опары		Влажность густой опары		Влажность опары с учетом твердозерности сырья	Прирост качества, %
		мин (41 %)	макс (45 %)	мин (50 %)	макс (55 %)		
1	7,8±0,1	279±5	245±5	202±5	160±5	287±5	+2,79
2	10±0,1	394±5	368±5	334±5	301±5	399±5	+2,52
3	11,8±0,1	463±5	443±5	417±5	392±5	468±5	+2,15
4	14,3±0,1	522±5	510±5	495±5	480±5	529±5	+2,24
5	16,3±0,1	537±5	532±5	525±5	519±5	542±5	+1,95
6	18±0,1	528±5	529±5	529±5	530±5	536±5	+2,24
7	19,8±0,1	497±5	503±5	512±5	520±5	527±5	+2,75
8	21,7±0,1	439±5	452±5	469±5	485±5	491±5	+3,02
9	24,3±0,1	319±5	341±5	369±5	396±5	402±5	+2,27
10	26,3±0,1	195±5	224±5	260±5	296±5	302±5	+2,20

В результате проведенных исследований установлено, что управление качеством производимых хлебобулочных изделий возможно за счет выбора определенной влажности опары при опарном способе тестоприготовления, учитывая сведения о твердозерности зерна, служившего сырьем для помола пшеничной хлебопекарной муки.

#### **Литература:**

1. Федотов В.А., Медведев П.В. Информационно-измерительная система определения потребительских свойств пшеницы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2013. №3. С. 140-145.
2. Беркутова Н.С., Швецова И.А. Микроструктура пшеницы. М.: Колос, 1977. 122 с.
3. Федотов В.А. Факторы формирования потребительских свойств зерномучных товаров // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. №4. С. 186-190.

4. Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №7-1 (38). С. 77-80.
5. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ (наука и искусство решения проблем): учебник. Томск: ТГУ, 2004. 128 с.
6. Регионы России: социально-экономические показатели. 2016: статистический сборник / Росстат. М., 2016. 995 с.
7. Петров Ю.А., Шлимович Е.Л., Ирюпин Ю.В. Комплексная автоматизация управления предприятием: информационные технологии – теория и практика. Москва: Финансы и статистика, 2001. 160 с.
8. Магомедов М.Д., Заздравных А.В., Афанасьева Г.А. Экономика пищевой промышленности. М.: Дашков и К, 2011. 232 с.
9. Потороко И.Ю., Андросова Н.В. Современное состояние и тенденции развития хлебопекарной отрасли // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции». Челябинск: ЮУрГУ, 2014. С. 168-170.
10. Кипрушкина Е.И. Инновационные технологии производства и хранения растительной продукции // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы V Международной конференции. СПб.: СПбГУНиПТ, 2011. С. 350-353.
11. Шепелев А.Ф., Печенежская И.А. Товароведение и экспертиза электротоваров: учебное пособие для вузов. Ростов на/Д: Феникс, 2002. 192 с.
12. Медведев П.В., Федотов В.А., Бочкарева И.А. Управление качеством продуктов переработки зерна и зерномучных товаров // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2016. №1. С. 61-69.
13. Калачев М.В. Малые предприятия для производства хлебобулочных и макаронных изделий. М.: ДеЛи принт, 2008. 288 с.
14. Кругляков Г.Н., Круглякова Г.В. Товароведение продовольственных товаров. Ростов на/Д: МарТ, 1999. 448 с.
15. Медведев П.В., Федотов В.А. Информационно-измерительные системы управления потребительскими свойствами зерномучных товаров // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд: монография. Оренбург: Пресса, 2013. С. 35-51.
16. Smith A.E. Handbook of Weed Management Systems. Marcel Dekker, 1995. 741 p.

#### *Literature:*

1. Fedotov V.A., Medvedev P.V. Information and measuring system for determining the consumer properties of wheat // Bulletin of the Orenburg State University. 2013. No. 3. P. 140-145.
2. Berkutova N.S., Shvetsova I.A. Microstructure of wheat. M.: Kolos, 1977. 122 p.
3. Fedotov V.A. Factors of the formation of consumer properties of grain products // Bulletin of the Orenburg State University. 2011. No. 4. P. 186-190.
4. Medvedev P.V., Fedotov V.A., Bochkareva I.A. A comprehensive assessment of consumer properties of grain and products of its processing // International Scientific Journal. 2015. No. 7-1 (38). P. 77-80.

5. Tarasenko F.P. Applied Systems Analysis (science and art of problem solving): a textbook. Tomsk: TSU, 2004. 128 p.
6. Regions of Russia: socio-economic indicators. 2016: statistical compilation / Rosstat. M., 2016. 995 p.
7. Petrov Yu.A., Shlimovich E.L., Iryupin Yu.V. Integrated automation of enterprise management: information technology - theory and practice. Moscow: Finance and Statistics, 2001. 160 p.
8. Magomedov M.D., Zazdravnykh A.V., Afanasyeva G.A. Economics of the food industry. M.: Dashkov and Co, 2011. 232 p.
9. Potoroko I.Yu., Androsova N.V. Current state and development trends of baking industry // Trade and economic problems of the regional business space: a collection of materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Chelyabinsk: SUSU, 2014. P. 168-170.
10. Kiprushkina E.I. Innovative technologies for the production and storage of plant products // Low-temperature and food technologies in the XXI century: materials of the V International Conference. SPb.: SPbGUNIPT, 2011. P. 350-353.
11. Shepelev A.F., Pechenegskaya I.A. Commodity research and examination of electrical goods: a textbook for universities. Rostov on/D: Phoenix, 2002. 192 p.
12. Medvedev P.V., Fedotov V.A., Bochkareva I.A. Quality management of grain processing products and grain products // Scientific journal of NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment. 2016. No. 1. P. 61-69.
13. Kalachev M.V. Small enterprises for the production of bakery and pasta. M.: DeLi print, 2008. 288 p.
14. Kruglyakov G.N., Kruglyakova G.V. Commodity research of food products. Rostov on/D: Mart, 1999. 448 p.
15. Medvedev P.V., Fedotov V.A. Information and measuring systems for managing consumer properties of grain products // Modern trends in economics and management: a new look: a monograph. Orenburg: Press, 2013. P. 35-51.
16. Smith A.E. Handbook of Weed Management Systems. Marcel Dekker, 1995. 741 p.