

УДК663.5

**Сравнительный анализ методов определения клейковины в муке пшеничной***Канд. техн. наук Н.В. Баракова, n.barakova@mail.ru**канд. техн. наук А.С. Устинова, ustinova.alisa@list.ru***В.В. Назарова, vvnazarova@yandex.ru, В.Е. Мартыненко, ceazar21@mail.ru***Университет ИТМО**191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*Для специалистов хлебопекарной и мукомольной отрасли важно максимально оперативно без значительных трудозатрат определять количество клейковины в пшеничной муке. В статье проведен сравнительный анализ различных методов определения количества клейковины в муке пшеничной – метода определения количества клейковины по ГОСТ 27839-2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины» и метода определения содержания клейковины, основанного на свойстве клейковины пшеничной муки связывать содержащуюся в муке влагу и на переводе данной влаги в свободное состояние с помощью нагрева, приведенного в патенте № 2526187 Российской Федерации от 20.08.2014.*

*Проведено определение количества клейковины в муке пшеничной, полученной из не лущенной и лущенной на 25% пшеницы. Оценку сопоставимости результатов измерения клейковины двумя различными методами проводили путем оценки однородности наблюдений, которая заключалась в определении смещения средних арифметических значений и дисперсий.*

*Математическая обработка результатов эксперимента позволила установить и обосновать, что методы определения клейковины по ГОСТ 27839-2013 и в соответствии с патентом № 2526187 являются сопоставимыми.*

**Ключевые слова:** методы определения содержания клейковины, сравнительный анализ методов определения клейковины, однородность групп наблюдений, дисперсия группы наблюдений, среднее арифметическое значение, среднее квадратичное отклонение измеряемой величины.

---

**Comparative analysis of methods for the determination of gluten concentration in wheat flour***Ph.D. N.V. Barakova, n.barakova@mail.ru**Ph.D. A.S. Ustinova, ustinova.alisa@list.ru***V.V. Nazarova, vvnazarova@yandex.ru, V.E. Martynenko, ceazar21@mail.ru***ITMO University**191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*For specialists of baking and milling industries it is important to conduct the analysis of gluten concentration in wheat flour with the least time and labour-consuming method. In the article the comparative analysis of various methods for determining the amount of gluten including the one described by state standard GOST 27839-2013 "Wheat flour. Methods of determination of quantity and quality of gluten" and the one based on the ability of wheat flour gluten to bind the moisture contained in the flour, and on release of the bound moisture as result of the heating process, which is described in Patent № 2526187 of Russian Federation from 20.08.2014.*

*A determination of the amount of gluten has been performed for wheat flour samples obtained from the not peeled and peeled wheat with the degree of peeling 25%. The comparability of results of analysis performed by two different methods has been assessed by the statistical homogeneity of obtained data which was defined with displacement of standard deviations of measured values and their variance.*

*Mathematical processing of the obtained result allowed to establish that the methods of gluten concentration analysis described in GOST 27839-2013 and in the patent № 2526187 are comparable.*

**Keywords:** methods of determination gluten content, comparative analysis of methods for the determination of gluten, statistical homogeneity of data, variance of the set of numbers, standard deviation of the measured values.

Важнейшими компонентами муки, от которых зависят свойства теста и готового изделия, являются углеводы и белки. Наиболее значимым белковым компонентом муки является клейковина, состоящая из глиадина (39–45%) и глютенина (34–40%), глобулина и альбумина (3–7%) [1, 6].

Значение клейковины заключается в том, что при замачивании муки с водой отдельные белки клейковины набухают, соединяющую в компактную массу и образуют сплошную упругую сетку, в результате чего образуется упругая масса связанного теста. Углекислый газ, выделяемый дрожжами при брожении, разрыхляет эту массу, увеличивает её объем, придает ей пористую структуру, которая сохраняется благодаря упруго-эластичным свойствам набухшей клейковины. Впоследствии, при выпечке хлеба, полученная структура закрепляется и образуется пористая структура хлебного мякиша [1, 7].

Для успешного тестоведения и для дальнейшей выпечки хлеба определение количества клейковины важно знать на начальном этапе переработки муки. Есть несколько методов определения содержания клейковины, в том числе ручной метод по ГОСТ 27839-2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины».

Данный метод включает в себя ряд операций, выполненных в лабораторных условиях: заместеста, отлежка теста, отмывание под струей воды, отжима и взвешивания. Недостатками указанного способа являются значительное время, большой расход воды, затрачиваемые для проведения анализа, кроме того, на каждом этапе анализа вносится погрешность, обусловленная человеческим фактором. Даже механизация отдельных операций не устраняет важнейшего недостатка существующего способа определения количества клейковины – субъективности оценки [10, 15].

Для устранения всех этих недостатков был предложен новый метод определения клейковины в муке пшеничной – патент № 2526187 Российской Федерации от 20.08.2014. Способ определения количества клейковины в пшеничной муке [12].

Предлагаемый метод определения содержания клейковины основан на свойстве клейковины пшеничной муки связывать содержащуюся в муке влагу и, таким образом, содержание клейковины в муке можно определять по количеству связанной влаги, переведенной в свободное состояние с помощью нагрева. Для измерения количества связанной клейковиной влаги было предложено использовать емкостной метод с предварительным переводом путем нагрева связанной влаги клейковиной муки в свободное состояние.

Стенд для исследований был оснащен емкостным измерительным преобразователем, заполняемым пробами муки, и системами непрерывного контроля температуры с одновременным измерением величины емкости анализируемой пробы муки. Наличие функциональной зависимости величины электрической емкости анализируемой пробы муки от содержания клейковины при переводе нагревом связанной клейковиной влаги в свободное состояние было подтверждено экспериментально [2, 3, 4].

Химический состав муки зависит от химического состава исходного зерна и сортности муки (высший, превый, второй). При помоле зерна, особенно сортовом, стремятся максимально удалить оболочки и зародыш, при этом будет меняться содержание клейковины в муке [6].

Целью данной исследовательской работы являлось проведение сравнительного анализа двух методов измерения клейковины – по методу, установленному ГОСТ 27839-2013 «Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины» и по методу, предложенному в патенте № 2526187 «Способ определения количества клейковины в пшеничной муке», основанному

на определении количества связанной клейковиной влаги и переведенной в свободное состояние с помощью нагрева [10, 12].

Для проведения экспериментов готовились образцы пшеничной муки из зерна не лущеной и лущеной на 25% пшеницы. Лущение пшеницы проводили ручным способом на лабораторной шелушильной машине. Процент снятия оболочки зерна определяли весовым методом.

Измельчение зерна проводили на лабораторной мельнице с роторно-ножевым рабочим органом до степени деструкции – остаток на проволочном сите № 067 не превышал более 2%, а проход через капроновое сито № 43 или шелковое № 38 составлял не менее 40% [10].

Количество клейковины в муке, полученной из зерна не лущеной и лущеной на 25% пшеницы, определяли двумя вышеперечисленными методами. Среднее арифметическое значение количества клейковины в двух образцах, подсчитанное после семикратного повторения опыта, представлено в таблице [9].

Таблица

**Количество клейковины в пшеничной муке, определенной различными методами**

Характеристика образцов	Количество клейковины, %	
	По стандартному методу (ГОСТ 27839-2013)	По предлагаемому методу (патент № 2526187)
Мука пшеницы, полученной из не лущеного зерна	11,40	11,45
Мука пшеницы, полученной из зерна с лущением 25%	17,00	17,07

На первом этапе сравнительного анализа двух методов определения количества клейковины в муке пшеничной выясним, оправдано ли объединение результатов измерений, проведенных двумя разными методами. Для этого необходимо провести проверку однородности измерений. Необходимые признаки однородности группы измерений состоят в том, что оценки средних арифметических и дисперсий не должны иметь значимых смещений относительно друг друга [8].

В качестве показателя точности процесса измерения применяем рассеивание случайной величины. Теоретическая зона рассеивания случайной величины, подчиняющейся нормальному закону рассеивания бесконечна, но вероятность получения весьма больших отклонений очень мала [5].

Важнейшей характеристикой рассеивания случайной величины является дисперсия. Дисперсию группы наблюдений находим по формуле

$$D = \sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}$$

где  $D$  – дисперсия,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение измеряемой величины,  $x$  – анализируемый показатель,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение  $n$  измерений,  $n$  – количество измерений в анализируемой совокупности данных.

Для получения заключения по вопросу сопоставимости двух методов измерения необходимо провести оценку дисперсии двух групп наблюдений [9].

Для муки, полученной из зерна с лущением 25%, оценка дисперсии группы измерений  $S_1^2$ , проведенных по ГОСТ 27839-2013 равна 0,014, оценка дисперсии группы измерений  $S_2^2$ , проведенных по патенту № 2526187 равна 0,04.

Известно, что систематические погрешности измерений пренебрежимо малы, а рассеяние наблюдений можно считать соответствующим нормальному распределению. Необходимо составить оценку количества клейковины с использованием обеих опытов и оценить дисперсию результатов.

Первоначально выясним, оправдано ли объединение двух методов измерения, т.е. нет ли недопустимого различия между оценками измеряемой величины.

Для этого проведем оценку дисперсии среднего арифметического значения для двух групп измерений.

$$S^2(x_1) = \frac{s_1^2}{n_1} = \frac{0,014}{7} = 0,002$$

$$S^2(\bar{x}_2) = \frac{s_2^2}{n_2} = \frac{0,04}{7} = 0,0057$$

$$S^2(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = S^2(\bar{x}_1) + S^2(\bar{x}_2) = 0,0077$$

$$S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = 0,08$$

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = K_1 - K_2 = 0,07,$$

где  $K_{1,2}$  – среднее арифметическое значение клейковины, приведенное в таблице.

Так как  $\bar{x}_1 - \bar{x}_2 < S(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ , то объединение возможно, то есть нет различия между оценками измеряемой величины.

Проверим, можно ли считать, что обе группы наблюдений имеют одну и ту же дисперсию. Проверка допустимости различия между оценками дисперсий выполняется с помощью критерия Р.Фишера [9]. Оценки дисперсий этих групп  $S_2^2 > S_1^2$ . Число наблюдений в группах  $n_1$  и  $n_2$  равны 7, так что степени свободы равны  $k_1 = k_2 = 6$ . Составляем соотношение

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2} = \frac{0,04}{0,014} = 2,85$$

Возьмем уровень значимости 2%. При этом уровень значимости критерия  $q = 0,01$ . Из таблиц вероятностей для различных степеней свободы выбираем  $F_q$  [9]. Для данных условий  $F_q = 8,47$ .

Так как  $F < F_q$ , то можно считать, что дисперсии групп равны.

Теперь найдем веса средних арифметических

$$g = \frac{n}{N} = \frac{7}{14} = 0,5.$$

Вычислим среднее значение количества клейковины по значениям двух экспериментов

$$\bar{\bar{K}} = 0,5 \cdot 17,00 + 0,5 \cdot 17,12 = 17,06\%$$

Затем найдем  $S^2(\bar{\bar{K}})$

$$S^2(\bar{\bar{K}}) = \frac{1}{42} [7 \cdot 0,014 + 7 \cdot 0,04 + 7 \cdot 0,014^2 + 7 \cdot 0,04^2] = 0,0076$$

соответственно получим  $S(\bar{\bar{K}}) = 0,09\%$

Аналогичный расчет был произведен для образцов муки, полученной из зерна пшеницы без лущения.

Таким образом, математическая обработка результатов эксперимента позволила установить и обосновать сопоставимость методов определения клейковины по методу ГОСТ 27839-2013 и по методу, предложенному в патенте № 2526187, основанному на свойстве пшеничной муки связывать содержащуюся в муке влагу и переведенной в свободное состояние путем нагрева.

В ходе проведения экспериментов было также подтверждена зависимость между процентом лущения зерна пшеницы и количеством клейковины в муке, полученной из лущенного зерна. В зависимости от процента лущения пшеницы можно получать муку с различным количеством клейковины – в муке высшего сорта количество клейковины должно быть не менее 30%, в первом сорте – не менее 28%, во втором сорте – не менее 25% [11].

Результаты, полученные в ходе проведения данной исследовательской работы, позволят специалистам хлебопекарной и мукомольной отраслей в процессе производства определять такой важный параметр, как клейковина, с более высокой скоростью и с минимальными трудозатратами.

#### *Литература (References)*

1. *Ауэрман Л.Я.* Технология хлебопекарного производства. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.
2. *Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В.* Способ определения клейковины в пшеничной хлебопекарной муке // *Хлебопродукты*. 2014. №7. С. 20–23.
3. *Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В.* Экспрессный анализ технологических параметров сыпучих пищевых продуктов // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2013. №1.
4. *Балюбаш А.В., Дрокин, В.В., Назарова В.А.* Исследование электрофизических характеристик сыпучих пищевых продуктов // *Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и аспирантов «Проблемы совершенствования технологии продукции, общественного питания и экспертизы потребительских товаров»*. СПб.: СПбГТЭУ, 2012. С.135.
5. *Бегунов А.А.* Метрология. Аналитические измерения в пищевой и перерабатывающей промышленности. СПб.: ГИОРД, 2014. 440 с.
6. *Жигунов Д.А.* Взаимосвязь показателей качества зерна и муки // *Хлебопродукты*. 2013. №10, С. 64–65.
7. *Казаков Е.Д., Карпиленко Г.П.* Биохимия зерна и хлебопродуктов: учеб. Пособие. СПб.: ГИОРД, 2005. С. 12.
8. *Рабинович С.Г.* Погрешности измерений. Ленинград: Энергия, 1978. 262 с.
9. *Светозаров В.В.* Основы статистической обработки результатов измерений: учебное пособие. М.: МИФИ, 2005. 40 с.
10. ГОСТ 27839-13. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. М: Стандартинформ, 2011.
11. ГОСТ Р 52189-2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. М: Стандартинформ, 2003.
12. *Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В., Березин В.В., Дударев В.А.* Способ определения количества клейковины в пшеничной муке: пат. 2526187 Российская. Федерация. 2014.
13. *Kenneth J. Breslauer* Characterization of cereals and flours. Properties, analysis and applications. N.Y., Rutgers University, 2003, 547 p.

14. Knorr D. Food biotechnology. *Dietnch Knorr*. U.S.A., Basel, 1998, 452 p.
15. Koehler P., Wieser H., Konitzer K.. Gluten – The precipitating factor. *Celiac disease and gluten*. Academic Press, 2014, pp. 97–148.

*Статья поступила в редакцию 03.08.2015 г.*