



И.В. Черных, канд. техн. наук,
А.В. Лебедев, канд. техн. наук,
ООО «Компания «СокТрейд»

Совершенствование контроля качества муки с использованием современных информационно-измерительных систем

Качество – одна из важнейших категорий, отличающих продукцию одного производителя от другого. Несомненно, одним из важнейших факторов, обуславливающих качество готовой продукции, является качество сырья, связанное с соответствующей технологией его переработки. Высокое качество сырья не всегда обеспечивает высокое качество готовой продукции, и наоборот. Для конкретной партии сырья важно научиться управлять технологическими операциями его переработки. Если это затруднительно, то поддерживать стабильно высокое качество готовой продукции можно за счет подбора сырья с заданными характеристиками.

В хлебопекарной отрасли основным и наименее стабильным сырьем является мука. Для оценки хлебопекарных свойств пшеничной муки на мукомольных комбинатах и хлебозаводах используют пробную лабораторную выпечку хлеба по ГОСТ 27669–88.

Однако этот нормативный документ имеет один недостаток, а именно: ГОСТ предполагает дозирование воды на замес теста, исходя из его влажности, без учета водопоглотительной способности муки. С нашей точки зрения, намного лучший результат дало бы обеспечение не постоянной влажности теста, а его постоянной консистенции. С одной стороны, постоянная консистенция теста позволит более полно раскрыть технологические свойства муки, а с другой – адекватно оценить реальный выход хлеба. В условиях хлебозавода хлебопеки регулируют количество подаваемой воды на замес теста так, чтобы оно в процессе дальнейшей обработки имело оптимальные реологические свой-

ства, т.е. в расчет принимается консистенция теста, а не его влажность. При одинаковой консистенции теста из двух разных партий муки его влажность может быть разной.

Такой методический подход, в частности, был предложен учеными кафедры технологий хлебопекарного и макаронного производств МГУПП (В.Я. Черныхом, Е.Д. Милюковой, С.И. Шелестовой и др.), однако практической апробации на множестве разных проб муки так и не последовало.

ГОСТ 27669–88 также предполагает оценку качества сырья (муки), исходя из свойств конечной продукции (хлеба), что не совсем соответствует современным требованиям. Сегодня намного более прогрессивным, с точки зрения экономии времени и ресурсов, считается оценка качества сырья исходя из свойств полуфабрикатов (теста).

С учетом изложенного, специалисты компании «СокТрейд» выполнили работу в следующих целях:

- доказать важность обеспечения оптимальной консистенции теста в процессе его замеса в рамках ГОСТ 27669–88 и сформулировать предложения, которые могут пригодиться при его переиздании, в частности, ввести реологический критерий качества теста;
- предложить экспресс-метод оценки качества пшеничной муки, альтернативный методу пробной лабораторной выпечки хлеба.

Исследования выполняли на лабораторном приборе Миксолаб (рис. 1) фирмы «Шопен» (Франция). Этот прибор позволяет оценить консистенцию и реологические свойства теста на основании анализа динамики изменения крутящего момента, возникающего в приводе месильных

органов при замесе в заданном температурном диапазоне.

Перед началом работы была поставлена задача – оценить оптимальную консистенцию теста, приготавливаемого по ГОСТ 27669–88. Для этого были приглашены опытные специалисты с разных предприятий, которые замешивали пшеничное тесто из муки разных партий, не обращая внимание на его заданную влажность, а руководствуясь лишь реологическими свойствами, определяемыми органолептически, и соответственно фиксировали использованное для этого количество воды. Далее из этой же муки с внесением зафиксированного ранее количества воды было замешено тесто с применением прибора Миксолаб, который позволил численно оценить его консистенцию. Во всех случаях консистенция теста имела близкие значения, так что за основу было взято среднее арифметическое значение во всех экспериментах, которое составило 1,55 Н·м. В результате мы разработали некий стандарт качества теста для последующего проведения пробных лабораторных выпечек, в ходе которых лаборант при определении количества воды, подаваемого на замес теста, руководствовался бы не его влажностью, а консистенцией (для простоты изложения назовем

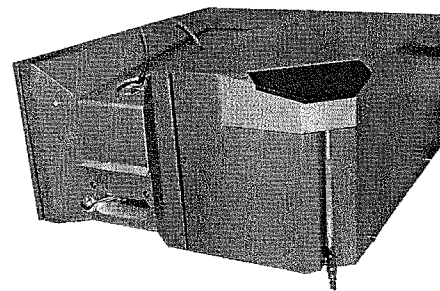


Рис. 1. Прибор Миксолаб

метод, который будет содержать это нововведение, Стандарт № 1), контролируемой с помощью прибора Миксолаб. Для сравнения пробные лабораторные выпечки проводили в соответствии с ГОСТ 27669-88 и со Стандартом № 1.

В общей сложности сравнению было подвергнуто 48 проб пшеничной муки высшего сорта. Готовый хлеб в обоих случаях оценивали по объемному выходу хлеба и по пористости мякиша.

Полученная разница объемного выхода и пористости хлеба, приготовленного по ГОСТ 27669-88 и по Стандарту № 1, представлена в виде круговых диаграмм на рис. 2, а, б. Разница в удельном объеме менее, чем $10 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ (была зафиксирована у 20 проб из 48, или у 42%), и в пористости менее, чем 1% (была зафиксирована у 19 проб из 48, или у 40%), меньше точности соответствующего метода, поэтому рассматривается нами как незначимая и выведена в отдельную круговую диаграмму (слева), в то время как круговая диаграмма с незначительной разницей этих показателей (справа) соединена с графиком, отражающим абсолютные значения величин по каждой пробе муки.

В большинстве случаев поддержание оптимальной консистенции теста в процессе пробных лабораторных выпечек хлеба обуславливает его наилучшее качество, по сравнению с качеством хлеба, полученным по ГОСТ 27669-88, причем различие более заметно при значимой разнице качества хлеба. Причиной этого является то, что оптимальные реологические свойства теста предполагают наличие у него наиболее однородной структуры, представляющей собой клейковинный каркас с равномерно распределенными в нем крахмальными зернами, дрожжевыми клетками, молекулами свободной воды и другими структурными компонентами. Тесто с такой структурой обеспечивает оптимальные параметры технологических операций брожения, разделки (деления, формования), расстойки и выпечки и в конечном счете получение хлеба наилучшего качества. В связи с этим для большей объективности получаемых результатов предлагается проводить пробные лабораторные выпечки хлеба из теста постоянной консистенции (1,55 Н·м), гарантировать кото-

рую позволяет, в частности, прибор Миксолаб. Внесение реологического показателя качества теста в ГОСТ 27669-88 не только повысит его точность, но и максимально приблизит результат к производственным данным (на производстве хлебопеки дозируют воду на замес теста, исходя из его консистенции, определяемой органолептически).

Наряду с изложенным, использование прибора Миксолаб позволит со временем отказаться от пробных лабораторных выпечек хлеба на этапе входного контроля сырья.

В процессе анализа с помощью прибора Миксолаб можно получить наиболее полный реологический профиль теста, детально характеризующий свойства конкретной партии муки. По результатам анализа некоторого массива реологических профилей теста из разных партий муки в сочетании с качеством готового хлеба представилась возможность разработать математическую модель (калибровку), по которой можно впоследствии спрогнозировать качество готового хлеба на основании реологического профиля теста. Такой подход позволит в момент приемки муки сэкономить время, необходимое для анализа ее качества (анализ реологического профиля теста на приборе Миксолаб занимает всего лишь 45 мин, что значительно меньше, чем продолжительность пробных лабораторных выпечек, составляющая около 4 ч), и соответственно обеспечит большую гибкость работы предприятия.

Полученные в ходе исследований данные для 48 проб муки, состоящие из реологических профилей теста и показателей качества хлеба, были статистически обработаны специалистами отдела развития и разработок фирмы «Шопен». В результате были разработаны математические модели, отражающие взаимосвязь объемного выхода и пористости хлеба с параметрами реологических профилей теста, отражающими исходные свойства муки. Степень взаимосвязи выражали с помощью коэффициента корреляции R^2 , указываемого непосредственно на графиках (рис. 3, а, б). При этом использовали данные пробных лабораторных выпечек проведенных по Стандарту № 1.

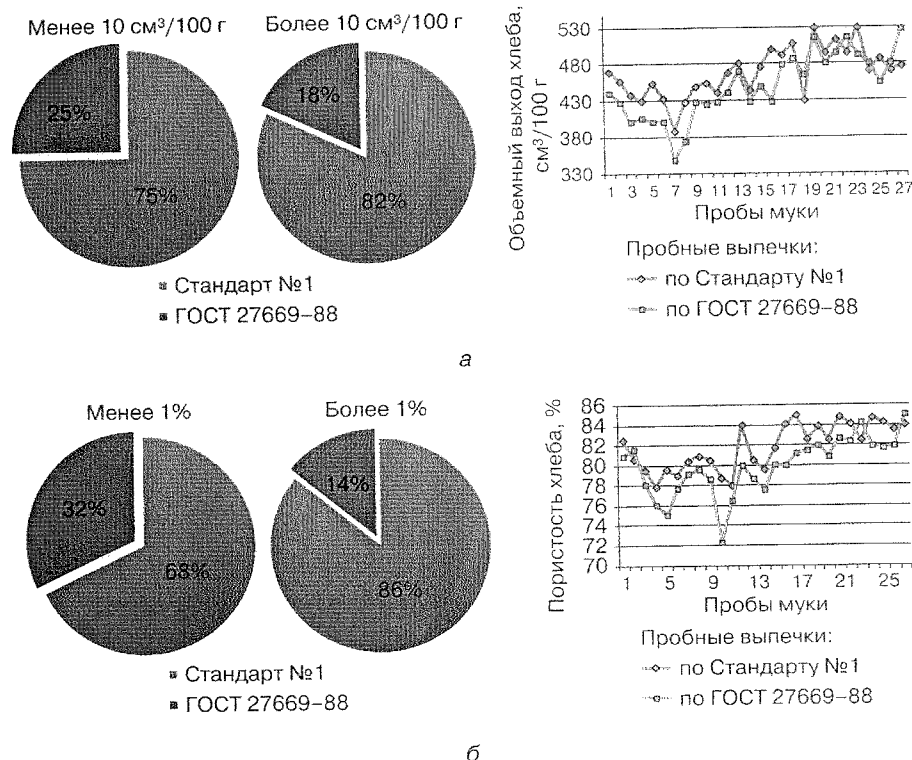
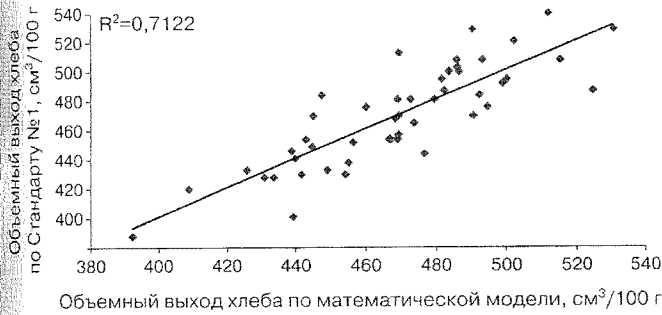


Рис. 2. Разница в показателях качества хлеба, приготовленного по ГОСТ 27669-88 и Стандарту № 1: а - объемный выход; б - пористость



а



б

Рис. 3. Калибровочный график показателей качества хлеба, полученных по Стандарту №1 и рассчитанных с помощью модели, разработанной на основе анализа реологического профиля теста: а – объемный выход; б – пористость

Для наглядности на рис. 4 приведена характерная кривая, получаемая на приборе Миксолаб, на которой указаны точки (значения крутящего момента), учтенные в математической модели для прогноза объемного выхода хлеба.

Математические модели для расчета показателей хлеба на основании реологического профиля теста имеют вид:

для объемного выхода (см³/100 г)
 $OB = -39 + 24,8 \cdot H_2O - 736 \cdot CL8 + 1543 \cdot CL10 - 489 \cdot CL19 + 157 \cdot CL23 - 352 \cdot CL26 - 140 \cdot CL31 + 197 \cdot CL33 - 795 \cdot CL37 + 1309 \cdot CL38 - 474 \cdot CL44;$

для пористости (%)
 $P = 10,6 + 0,385 \cdot Hуд + 2,70 \cdot H_2O + 24,2 \cdot CL1 - 104 \cdot CL3 + 80,6 \cdot CL4 + 55,9 \cdot CL10 - 55,9 \cdot CL11 + 16,6 \cdot CL25 - 36,0 \cdot CL27 + 35,3 \cdot CL28 - 11,9 \cdot CL34,$

где H_2O – влажность муки; CL – крутящий момент, возникающий в приводе месильных органов при замесе теста, через X минут после его начала; Hуд – водопоглотительная способность муки.

Исследованиями установлено, что применение прибора Миксолаб позволяет с высокой надежностью ($R^2 > 0,7$) прогнозировать качество хлеба без проведения пробных лабораторных выпечек. При этом коэффициент корреляции будет, безусловно, тем выше, чем большее число точек заложено в модель. Коэффициент корреляции более 0,7 при общем числе точек в модели, равном всего лишь 48, свидетельствует о тесной корреляционной взаимосвязи определяемого и расчетного показателей.

Важно отметить, что большая часть значений крутящего момента, взятых для построения математической модели в целях прогнозирования объемного выхода хлеба, зафиксирована на участке кривой (см. рис. 4), в котором тесто подвергалось температурным изменениям (нагрев/охлаждение), т.е. там, где свойства теста в наибольшей степени предопределяются состоянием углеводно-амилазного комплекса

муки. Соответственно для формирования полного реологического профиля теста нужно оценивать его поведение в определенном температурном режиме.

Таким образом, интегрируя реологический профиль теста в математические модели, можно с высокой точностью прогнозировать качество готового хлеба при приемке новой партии муки на предприятии.

Результаты проведенной работы показывают, что использование современных информационно-измерительных систем, к которым, в частности, относится прибор Миксолаб, является эффективным инструментом для определения технологических свойств муки. Анализ каждой партии муки на приборе позволит:

- увеличить объективность результатов пробных лабораторных выпечек хлеба за счет внедрения и контроля реологического критерия качества теста – крутящего момента, возникающего в приводе месильных органов при замесе теста;
- контролировать расход воды при замесе теста с постоянной консистенцией, что, в свою очередь, позволит оценить реальный выход готовых изделий;
- без проведения пробных лабораторных выпечек с высокой точностью прогнозировать качество готового хлеба при приемке сырья, используя реологический профиль теста и математическую модель.

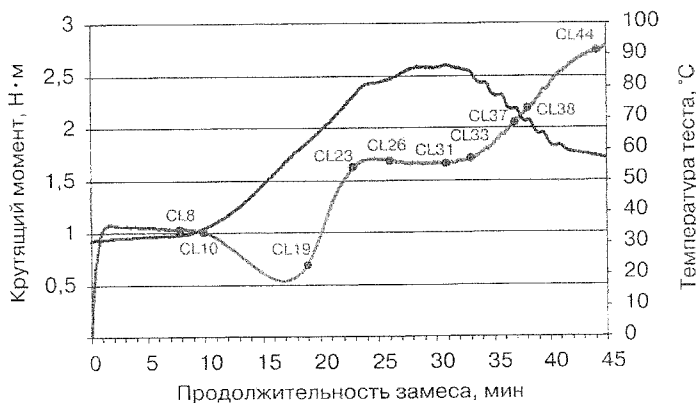


Рис. 4. Характерная кривая, получаемая на приборе Миксолаб с отображением на ней точек, попавших в математическую модель для прогноза объемного выхода хлеба

ООО «Компания СокТрейд»

Тел./факс: +7 (495) 604-44-44

E-mail: info@soctrade.com