

использование давления при увлажнении ускоряет процесс проникновения влаги в зерно примерно в два раза.

Библиографический список

1. Бутковский В.А., Мельников Е.М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. – М.: Агропромиздат, 1989. – 464 с.
2. Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – М.: ИК МГУПП, 2005. – 165 с.

3. Нилова Л.П. Товароведение и экспертиза зерномучных товаров. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 355 с.

4. Зерно. Методы анализа / Национальные стандарты. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.

5. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. / С.Т. Антипов, И.Т. Кротов, А.Н. Остриков и др.; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2009.



УДК 664.746.6

О.Л. Семёнова

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-УСТАНОВКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

Ключевые слова: пшеничная мука, СВЧ-энергоподвод, показатели качества, суховейное зерно, клейковина, качество сырой клейковины, СВЧ-установка, режимные параметры, время воздействия, удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода, толщина слоя муки, целевая функция, поверхности отклика

Введение

В последние несколько лет мукомольные предприятия перерабатывают огромное количество тонн зерна пшеницы и часто сталкиваются с проблемой выработки муки стабильного качества. Для решения этой проблемы практикуется внесение различных функциональных ингредиентов, витаминов, различных улучшителей с целью оптимизации показателей качества муки [1]. Но, тем не менее, нужно минимизировать применение химических веществ при производстве пищевого сырья, необходимо использовать методы и средства, являющиеся эффективными, но в то же время безопасными для человека и окружающей среды в целом.

В настоящее время с точки зрения безопасности и эффективности наиболее подходящими технологиями являются технологии с использованием физических методов обработки пищевого сырья [2].

Сверхвысокочастотная обработка используется во многих отраслях промышленности: деревообрабатывающей, текстильной, нефтяной, а в последние десятилетия получила широкое распространение в пищевой промышленности. Данная технология имеет целый ряд положительных качеств: значительная экономия времени, так как процесс обработки происходит очень быстро, при этом состав сырья меняется незначительно, нагрев происходит за счет поглощения продуктом энергии волн сверхвысокой частоты, при этом полностью отсутствуют продукты сгорания, что говорит об экологической безопасности метода. Наибольший интерес представляет использование СВЧ-обработки с целью воздействия на микробиологические, физико-химические показатели, приводящие к улучшению качества сырья и готовой продукции.

Объекты и методы

Целью исследования является обоснование оптимальных режимов работы СВЧ-установки, обеспечивающих стабилизацию качественных показателей обрабатываемого продукта. Объектом исследования является технологический процесс сверхвысокочастотной обработки пшеничной муки, а предметом исследования – причинные и функциональные связи и зако-

номерности взаимодействия электротехнологических параметров СВЧ-обработки на количественные и качественные показатели муки.

Анализ физико-химических показателей обработанной муки в лабораторных и производственных условиях проводился в соответствии с действующей нормативной документацией: влажность – воздушно-тепловым методом по ГОСТ 9404-88; белизна – при помощи прибора РЗ-БПЛ по ГОСТ 26361-84; количество клейковины – отмытием клейковины вручную по ГОСТ 27839-88; качество сырой клейковины – на приборе ИДК-1 по ГОСТ 27839-88; содержание белка – по ГОСТ 10846-81. Общая оценка качества муки производилась по ГОСТ Р 52189-2003 [3].

Данные показателей качества муки, полученные с использованием методики планирования экспериментов, статистически обрабатывались с использованием прикладных программ «Microsoft Office Excel 2007», «MathCad 14». Достоверность результатов работы подтверждается сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Экспериментальная часть

Для проведения экспериментальных исследований была взята пшеничная мука первого сорта со следующими показателями (по средним значениям): влажность – 13,5%; содержание белка – 15,17%; белизна – 53,8 условных единиц по показаниям прибора РЗ-БПЛ; клейковина: количество – 32,04%, качество – 38 условных единиц по показаниям прибора ИДК-1, растяжимость по линейке – 9 см.

Контрольный образец пшеничной муки была произведен из зерна, поврежденно-го суховеем, такое зерно богаче нормального белковым азотом и клейковиной, но, соответственно, беднее растворимыми соединениями азота. Однако качество такой клейковины не самое лучшее, о чём говорит показатель качества сырой клейковины муки 38 усл. ед. по прибору ИДК-1. Хлеб из муки, полученной из суховейного зерна, как правило, имеет небольшой объем, пониженную формоустойчивость, неудовлетворительный внешний вид и состояние мякиша, не отвечающие требованиям нормативных документов [4].

Технология улучшения показателей качества муки, полученной из суховейного зерна, заключается в обработке муки в электромагнитном поле. Обработка про-

изводится на специализированной установке периодического действия, источником излучения служит магнетрон, создающий переменное магнитное поле, имеющее частоту колебаний 2450 ± 10 МГц.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями было установлено, что к режимным (входным) параметрам следует отнести время воздействия, удельную тепловую мощность СВЧ-энергоподвода, толщину слоя муки. Образец загружается в камеру, предварительно специальным устройством происходит выравнивание толщины слоя муки, задают на панели управления режим обработки (удельную тепловую мощность) и продолжительность процесса. В процессе обработки контролируется температура в рабочей камере установки, по истечении времени воздействия обработка прекращается и мука охлаждается естественным путём.

Режимные параметры варьировались на трёх кодированных уровнях: минимальном (-1), среднем (0) и максимальном (+1), при этом изучалось их влияние на количественные и качественные показатели пшеничной муки. Эти параметры и полученные результаты были учтены при математическом моделировании процесса СВЧ-обработки. При планировании эксперимента необходимо учитывать несколько выходных параметров (количественные и качественные показатели пшеничной муки), что представляет определенную трудность при определении оптимальных параметров СВЧ-обработки. В таких случаях оптимизируется одна или две наиболее важные функции, с точки зрения цели исследования, при ограничениях, налагаемых другими функциями [5]. В качестве оптимизируемой целевой функции был выбран показатель качества сырой клейковины по прибору ИДК-1, т.к. этот показатель в контрольном варианте не является оптимальным для применения муки такого качества в хлебопекарном производстве.

Для проведения математической обработки был выбран симметричный композиционный план Бокса второго порядка, состоящий из 14 опытов в трехкратной повторности целевой функции, в результате чего получен усреднённый критерий оптимизации (табл.). Результаты эксперимента по вариантам варьирования записывались в матрицу для проведения дисперсионного и регрессионного анализа. Была проведена математическая обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов [6].

План реализации многофакторного эксперимента

№	Уровни варьирования режимных параметров			Критерий оптимизации	№	Уровни варьирования режимных параметров			Критерий оптимизации
1	+1	+1	+1	Y _{CP1}	8	-1	-1	-1	Y _{CP8}
2	-1	+1	+1	Y _{CP2}	9	+1	0	0	Y _{CP9}
3	+1	-1	+1	Y _{CP3}	10	-1	0	0	Y _{CP10}
4	-1	-1	+1	Y _{CP4}	11	0	+1	0	Y _{CP11}
5	+1	+1	-1	Y _{CP5}	12	0	-1	0	Y _{CP12}
6	-1	+1	-1	Y _{CP6}	13	0	0	+1	Y _{CP13}
7	+1	-1	-1	Y _{CP7}	14	0	0	-1	Y _{CP14}

Результаты и их обсуждение

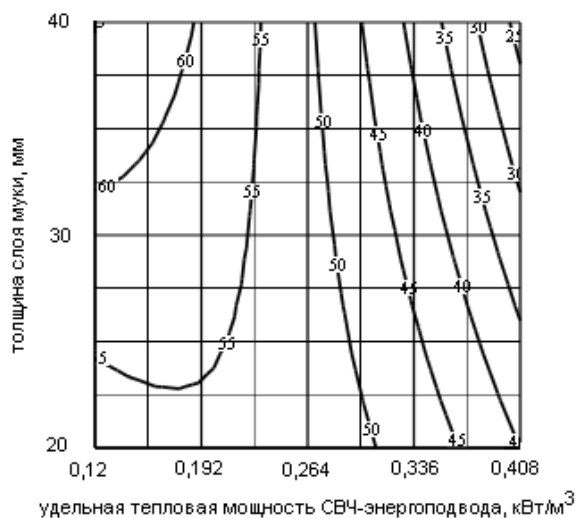
После обработки результатов проведённых опытов по обработке пшеничной муки в поле сверхвысокой частоты были получены следующие уравнения регрессии в кодированных значениях факторов для нескольких случаев:

$$x_1 = 0 \quad y = 51,71 - 13,5x_2 - 0,97x_3 - 6,54x_2^2 - 7,33x_2x_3 \quad (1)$$

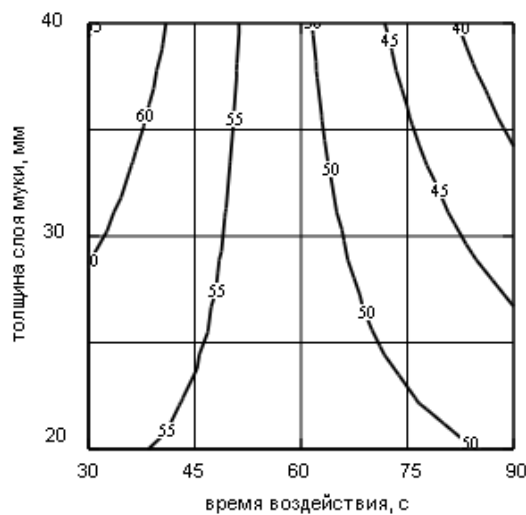
$$x_2 = 0 \quad y = 51,71 - 8,9x_1 - 0,97x_3 - 5,67x_1x_3 \quad (2)$$

$$x_3 = 0 \quad y = 51,71 - 8,9x_1 - 13,5x_2 - 6,54x_2^2 - 13,58x_1x_2 \quad (3)$$

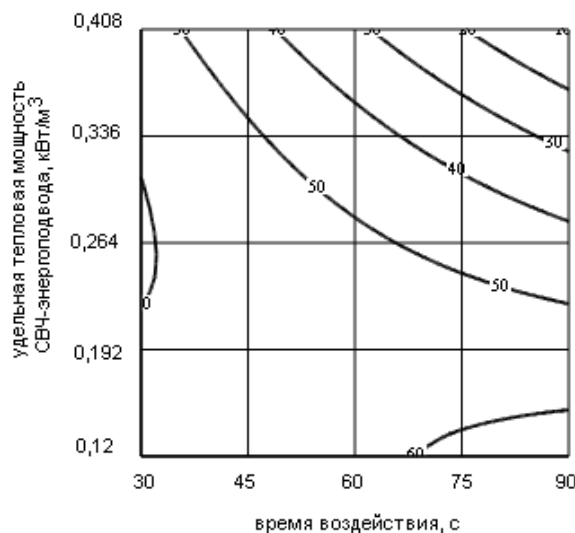
где x_1 – время воздействия, с;
 x_2 – удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода, кВт/м³;
 x_3 – толщина слоя муки, мм;
 y – качество сырой клейковины по прибору ИДК-1, усл.ед.



а



б



в

Рис. Двухмерные сечения поверхностей отклика, характеризующие показатель качества сырой клейковины, условных единиц по прибору ИДК-1 от взаимодействия: а – h и $P_{уд}$; б – h и t ; в – $P_{уд}$ и t

Полученные уравнения регрессий, а также анализ полученных поверхностей

отклика с помощью их двухмерных сечений показывают, что показатель качества клейковины по прибору ИДК-1 достигает оптимальных значений для использования муки в хлебопекарном производстве (рис.). В результате расслабления после обработки в поле СВЧ показатель качества сырой клейковины достигает значений свыше 55 условных единиц по показаниям прибора ИДК-1, что позволяет отнести пшеничную муку к I группе качества [7]. Определены оптимальные значения независимых факторов при СВЧ-обработке пшеничной муки: время воздействия $\tau = 30 \div 45$ с, удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода $P_{уд} = 0,12 \div 0,228$ кВт/м³, толщина слоя муки $h = 25 \div 40$ мм.

При этих режимных параметрах обработки качество клейковины принимает следующие параметры: по прибору ИДК-1 она соответствует I группе качества, по растяжимости – средней, при этом увеличивается содержание белка на 0,4-1%, а клейковины – на 4-11%, показатель белизны уменьшается незначительно – на 1-2,5%, влажность муки снижается по сравнению с контрольным образцом на 2-9%.

Выводы

1. Разработана установка для обработки пшеничной муки, полученной из суховейного зерна в поле сверхвысокой частоты для стабилизации количественных и качественных физико-химических показателей.

2. Теоретическими и экспериментальными исследованиями были установлены режимные параметры, от которых зависит критерий оптимизации (показатель качества сырой клейковины по прибору ИДК-1): время воздействия, удельная тепловая мощность СВЧ-энергоподвода, толщина слоя муки.

3. Найденны оптимальные значения режимных параметров СВЧ-установки, позволяющие целенаправленно улучшить показатель качества сырой клейковины, переводя его в I группу качества (55-65 единиц по прибору ИДК-1).

4. Эксплуатация СВЧ-установки позволяет получать стабильные физико-химические показатели качества пшеничной муки, полученной из суховейного зерна, и открывает новые перспективы использования СВЧ энергии на предприятиях по переработке зерна.

Библиографический список

1. Цыганова Т.Б. Технология хлебопекарного производства: учебник для начального профессионального образования. – М.: ПрофОбрИздат, 2001. – 432 с.
2. Рогов И.А., Некрутман С.В., Лысов Г.В. Техника сверхвысокоочастотного нагрева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 198 с.
3. ГОСТ Р 52189–2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. Введ. 29.12.2003. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
4. ГОСТ Р 52462–2005. Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. Введ. 29.12.2005. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 19 с.
5. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
6. Грачёв Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
7. ГОСТ 27839–88. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. Взамен ГОСТ 9404-60 (пп. 52-54). Введ. 28.09.1988. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 10 с.



УДК 637.65.096.571

Н.В. Аникеева

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Ключевые слова: аминокислотный скор, ферментный препарат, нут, белковый изолят, растительные белки.

Введение

Хлебобулочные изделия являются наиболее распространенным, дешевым и доступным пищевым продуктом, потреб-