

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БЕЛОРУССКОЙ МАКАРОННОЙ МУКИ

Ж. В. Кошак, Е. Л. Волынская, А. В. Покрашинская

Рассмотрена возможность использования в макаронном производстве макаронной муки высшего сорта (крупки), полученной из зерна твердой пшеницы белорусской селекции. Посредством планирования эксперимента в пакете StatGraphics Plus подобраны соответствующие технологические параметры производства макаронных изделий: влажность теста и температура воды, идущая на замес теста, при которых обеспечиваются наиболее оптимальные производительность макаронного пресса и прочность сухих макаронных изделий.

Введение

Макаронные изделия – популярный и удобный продукт питания, который входит в рацион практически любой семьи. Они обладают высокой питательной ценностью и хорошей усвояемостью, являются доступными по цене, достаточно быстро и легко готовятся, в сухом виде долго хранятся без изменения свойств, прекрасно сочетаются с мясом, сыром, яйцами, овощами, различными соусами и приправами. Поэтому они постоянно пользуются высоким спросом.

При хранении макаронные изделия не черствеют, как хлеб, и менее гигроскопичны по сравнению с сухарями, хорошо транспортируются и сохраняются (до года и более) без ухудшения вкусовых и питательных свойств. Макароны по пищевой ценности превосходят пшеничный хлеб, так как изготавливают их из пшеничной муки с максимальным содержанием белковых веществ. В них содержится 9–13 % белков; 75–79 % усвояемых углеводов; 0,9 % жиров; 0,6 % минеральных веществ и витамины В₁, В₂, РР и др. Калорийность макаронных изделий составляет 360 ккал/100 г. Усвояемость их организмом человека выше усвояемости крупы. Белки макаронных изделий усваиваются на 85 %, углеводы – на 98 % и жиры на 95 %. Из них можно быстро приготовить блюдо, так как продолжительность их варки равна 5–15 мин [1].

Для производства макаронных изделий желательно использовать специальную муку следующих сортов: высший (крупка) и первый (полукрупка). Муку вырабатывают из твердых и мягких стекловидных сортов пшеницы. Лучшей является мука, выработанная из твердых пшениц (дурум) (изделия группы А). Изделия из такой пшеницы имеют в сухом виде янтарно-желтый цвет, высокую прочность и стекловидный излом, после длительной варки оставляют прозрачную варочную воду, не теряют своей формы, не склеиваются между собой, имеют светло-желтый цвет, приятные аромат и вкус. Макароны из твердой пшеницы являются низкокалорийным диетическим продуктом, который богат растительными белками, витаминами группы В, клетчаткой, которая способствует выводу шлаков, токсинов и солей тяжелых металлов из организма, практически не содержат жиров, легко перевариваются и усваиваются организмом. Регулярное употребление нормализует вес и служит профилактикой сердечных заболеваний [2].

Однако, учитывая мировой дефицит и высокую стоимость твердой пшеницы, в Республике Беларусь для изготовления макаронных изделий в большинстве случаев используют пшеничную хлебопекарную муку. При существующей технологии и действующем технологическом оборудовании изделия из такой муки по своим потребительским свойствам уступают продукции из крупитчатой муки специального макаронного назначения.

В связи с этим является актуальным возделывание на территории Республики Беларусь зерна твердой пшеницы, адаптированного к ее климату [3]. В 2017 году по данным Минсельхозпрода Республики Беларусь посевные площади твердой пшеницы составляют 120 гекта-

ров, и в дальнейшем будут только расширяться. Поэтому целью данной работы является подбор оптимальных технологических параметров производства макаронных изделий, в которых основным сырьем будет макаронная мука, полученная из отечественной твердой пшеницы.

Результаты исследований и их обсуждение

В работе использовалась мука макаронная высшего сорта (крупка) из зерна твердой пшеницы белорусской селекции, полученная с использованием мельницы CD2 французской фирмы ChopinTechnologies, которая позволяет получить репрезентативный сортовой помол, имитирующий заводской процесс. Показатели качества используемой макаронной муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества макаронной муки высшего сорта (крупки)

Наименование показателя	Характеристика показателя
Цвет	Желтый, с незначительным наличием вкраплений
Запах	Свойственный пшеничной муке, без постороннего запаха, не затхлый, неплесневелый
Вкус	Свойственный пшеничной муке, без постороннего привкуса, не кислый, не горький
Хруст	Отсутствует
Влажность, %	10,9
Кислотность, град.	3,4
Количество клейковины, %	31
Качество клейковины, усл. ед. пр. ИДК	96
Зольность, %	0,8
Содержание жёлтого пигмента, мг β-каротина	0,048
Металломагнитная примесь, мг в 1 кг муки	Не наблюдается
Заражённость вредителями хлебных запасов	Не наблюдается

Согласно требованиям ГОСТ 31463-2012 «Мука из твердых сортов пшеницы для макаронных изделий. Технические условия» [4], содержание сырой клейковины в крупке должно быть не менее 26 %; показания прибора ИДК – 50–105 усл. ед.; кислотность муки – не более 4 град; влажность – не более 15 %. Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод о том, что все органолептические и физико-химические показатели качества крупки находятся в пределах нормы, что свидетельствует о хорошем качестве муки и возможности использования ее в макаронном производстве.

На качество макаронных изделий, помимо качества исходного сырья, оказывают влияние различные технологические параметры, такие как влажность теста, температура теста и продолжительность замеса.

В связи с этим в данной работе изучалось влияние влажности и температуры теста на качество макаронных изделий, как наиболее значимых технологических параметров, оказывающих влияние на физические свойства теста, сырых изделий и качество продукции.

Для определения оптимальных параметров производства макаронных изделий использовали планирование эксперимента в пакете StatGraphics Plus. В качестве входного фактора X_1 принималась влажность теста в диапазоне 28–35 %, в качестве входного фактора X_2 – температура воды, идущей на замес теста, в диапазоне 15–75 °С. Параметром оптимизации Y выступали производительность макаронного прессы, прочность сухих макаронных изделий и количество сухих веществ, перешедших в варочную воду.

Получение макаронных изделий осуществлялось на макаронном лабораторном прессе Amitek. В таблице 2 представлены характеристики сырых макаронных изделий.

Таблица 2 – Характеристика сырых макаронных изделий

№ опыта	Влажность теста, %	Температура воды, °С	Характеристика
1	31,5	45,0	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет бежевый с белесыми полосами на поверхности. Не липкие. Мало эластичные
2	28,0	15,0	Поверхность шероховатая, без заусенцев. Цвет светло-бежевый с белесыми полосами на поверхности. Не липкие. Не эластичные
3	35,0	15,0	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет желтый однородный. Не липкие. Эластичные
4	28,0	75,0	Поверхность шероховатая, без заусенцев. Цвет светло-бежевый (белесый) с полосами на поверхности. Не липкие. Не эластичные
5	35,0	75,0	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет бежевый с желтым оттенком. Не липкие. Эластичные
6	26,55	45,0	Поверхность шероховатая, с заусенцами. Цвет белесый. Не липкие. Не эластичные
7	36,44	45,0	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет желтый равномерный. Не липкие. Эластичные
8	31,5	2,57	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет бежевый равномерный. Не липкие. Эластичные
9	31,5	87,42	Поверхность шероховатая, без заусенцев. Цвет светло-бежевый с белесыми полосами на поверхности. Не липкие. Мало эластичные
10	31,5	45,0	Поверхность гладкая, без заусенцев. Цвет бежевый с белесыми полосами на поверхности. Не липкие. Мало эластичные

Из таблицы 2 видно, что с увеличением влажности происходит улучшение внешнего вида сырых макаронных изделий: цвет становится более равномерным и насыщенным, поверхность – более гладкой, повышается эластичность. Изменение температуры воды, идущей на замес теста, по-другому влияет на качество сырых макаронных изделий. Чем ниже температура воды, тем более лучшими характеристиками обладают макаронные изделия.

При статистической обработке экспериментальных данных получены следующие уравнения регрессии: (1) – производительность; (2) – прочность, в стандартизованных переменных адекватно описывающие зависимость исследуемых показателей качества от выбранных факторов:

$$P = -42,57 + 2,59 \cdot W + 0,025 \cdot t - 0,038 \cdot W^2 - 0,0003 \cdot Wt - 0,0002 \cdot t^2. \quad (1)$$

$$\Pi = -10,26 + 0,66 \cdot W + 0,01 \cdot t - 0,01 \cdot W^2 - 0,0006 \cdot Wt + 0,0001 \cdot t^2, \quad (2)$$

где P – производительность пресса, кг/ч;
 Π – прочность макаронных изделий, Н;
 W – влажность теста, %;
 t – температура воды, °С.

На рисунке 1 представлена диаграмма, позволяющая определить производительность макаронного пресса и прочность макаронных изделий в зависимости от температуры воды при замесе теста и конечной влажности теста перед прессованием.

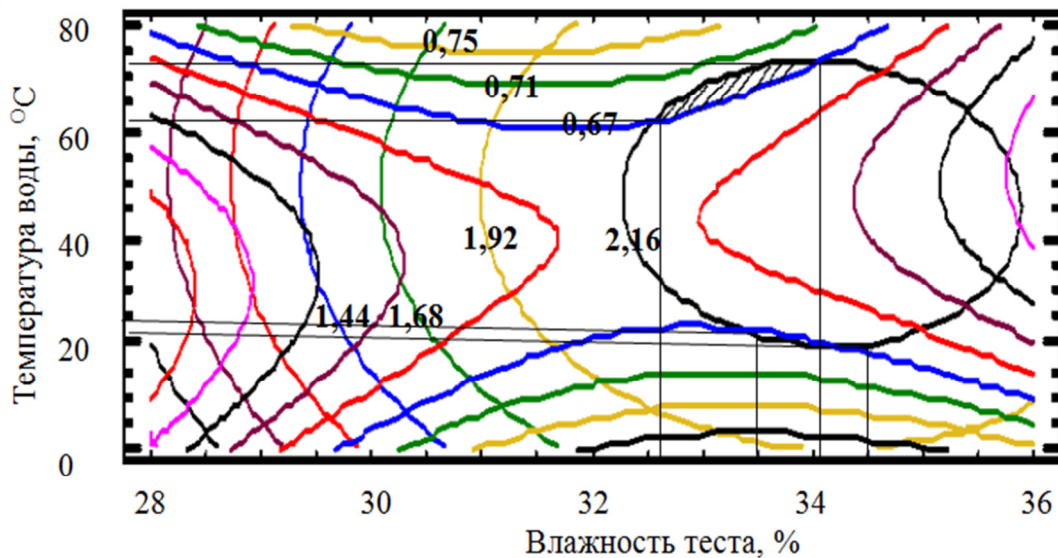


Рисунок 1 – Карта линий уровня

Данные, представленные на рисунке 1, свидетельствуют о том, что с повышением влажности теста увеличиваются пластичность, текучесть теста и облегчается процесс его выпрессовывания через матрицу. Это приводит к снижению давления прессования и к увеличению скорости выпрессовывания, т. е. к повышению производительности прессы. Скорость выпрессовывания сырых изделий увеличивается только до повышения влажности теста около 34 %. Дальнейшее повышение влажности при замесе теста приводит к образованию крупных комков, плохо проходящих сквозь каналы матрицы. Поэтому, хотя пластичность теста и повышается, происходит резкое падение давления прессования и, как следствие, снижение скорости выпрессовывания, а, следовательно, и производительности.

При увеличении температуры скорость выпрессовывания увеличивается, а давление прессования снижается. Это связано с увеличением пластичных и снижением вязкостных свойств теста вследствие ослабления межмолекулярных связей в структуре теста при повышении его температуры. Однако дальнейшее увеличение температуры теста приводит к резкому увеличению давления на матрицу и резкому падению скорости выпрессовывания изделий. Это объясняется тем, что при температурах выше 60 °С происходит денатурация клейковины, набухание крахмальных зерен. В результате этого процесса тесто становится плотным и с трудом поддается формованию. Анализируя рисунок 1, оптимальной температурой теста при его формовании на прессе является температура 50 °С.

Исследования показали, что влажность теста также оказывает влияние и на прочность сухих макаронных изделий. Прочность является одним из важных показателей, характеризующих их качество. Изделия с низким показателем прочности ломаются при фасовке, при упаковке, при транспортировке и хранении. Данные, представленные на рисунке 1, показывают увеличение прочности сухих макаронных изделий с увеличением влажности макаронного теста. Это связано с тем, что большее количество влаги поглощается компонентами муки (крахмалом и белком) и при высыхании образуется более прочная структура. Увеличение прочности происходит до влажности теста 33–34 %. Дальнейшее увеличение влажности приводит к уменьшению давления прессования, а, следовательно, и к уменьшению прочности. При уменьшении температуры воды, идущей на замес теста, происходит снижение прочности, а при увеличении – прочность повышается. Это связано с тем, что набухшие крахмальные зерна, окруженные денатурированной клейковиной, уплотняют структуру макаронных изделий и в результате чего сухие изделия становятся более прочными.

При наложении карт линий равного уровня производительности и прочности (рисунок 1) можно определить две области, в которых параметры приготовления макаронного теста (I – влажность теста 32,7–34,1 %; температура воды 62–73 °С и II – влажность теста 33,5–34,5 %;

температура воды 20–22 °С) оптимальны и обеспечивают высокую производительность пресса (2,16 кг/час) и прочность сухих макаронных изделий (0,67 Н).

При определении количества сухих веществ, перешедших в варочную воду, было получено следующее уравнение, в стандартизированных переменных адекватно описывающее зависимость исследуемых показателей качества от выбранных факторов:

$$CV = 98,23 - 4,96 \cdot W + 0,04 \cdot t + 0,06 \cdot W^2 + 0,001 \cdot Wt - 0,001 \cdot t^2, \quad (3)$$

где CV – количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, %.

В результате проведенных исследований было установлено, что количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, повышается с уменьшением влажности теста. Это связано с тем, влажность теста влияет на степень шероховатости поверхности изделий, которая увеличивает потерю сухих веществ в процессе варки, а также уменьшает степень насыщенности желтого цвета и снижает товарный вид изделий. Повышение температуры воды, идущей на замес теста, также приводит к повышению содержания сухих веществ в варочной воде. Обусловлено это тем, что из уже клейстеризованного крахмала в процессе варки макаронных изделий в варочную воду переходит больше сухих веществ, по сравнению с нативным крахмалом. В соответствии с требованиями СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия» [5] количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, не должно превышать 6 %. Поэтому для получения макаронных изделий хорошего качества из полученной макаронной крупки необходимо принимать влажность теста 33,5–34,5 %, а температуру воды – от 20 до 22 °С (рисунок 1).

По подобранным параметрам были изготовлены макаронные изделия, внешний вид которых представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид сухих макаронных изделий (а) и изделий после варки (б)

Изготовленные макаронные изделия были проанализированы по органолептическим, физико-химическим показателям качества, а также варочным свойствам. В таблице 3 приведены показатели качества макаронных изделий, полученных при влажности теста 34 % и температуре воды 20 °С.

Представленные данные показывают, что полученные макаронные изделия соответствуют всем требованиям СТБ 1963-2009 (влажность не превышает 13 %; кислотность 4,0 град). Варочные свойства также соответствуют установленным нормам: изделия не слиплись и не потеряли форму; количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, не превысило 6 %.

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод о возможности использования макаронной муки, полученной из зерна твердой пшеницы белорусской селекции, в макаронном производстве. Макароны, изготовленные из данной муки, по всем показателям соответствуют требованиям СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия».

Таблица 3 – Показатели качества сухих макаронных изделий

Показатели	Значения анализируемых образцов
Органолептические показатели	
Цвет	Желтый, равномерный
Поверхность	Гладкая
Форма	Лапша
Вкус	Свойственный макаронным изделиям, без постороннего при- вкуса
Запах	Свойственный макаронным изделиям, без постороннего запаха
Физико-химические показатели	
Влажность, %	12,2
Кислотность, град	3,5
Варочные свойства	
Состояние после варки	Не слиплись и не потеряли форму
Время варки до готовности, мин	8
Коэффициент увеличения массы	1,34
Количество сухих веществ, пере- шедших в варочную воду, %	5,7

Таким образом, использование белорусской макаронной муки приведет к уменьшению закупок макаронной муки за рубежом, повысит качество производимой отечественной макаронной продукции, а также будет способствовать импортозамещению дорогостоящей макаронной продукции на рынке Республики Беларусь.

Заключение

В результате проведенных исследований произведена макаронная мука высшего сорта (крупка) из зерна твердой пшеницы белорусской селекции. Определены ее показатели качества в соответствии с ГОСТ 31463-2012 «Мука из твердых сортов пшеницы для макаронных изделий. Технические условия» по органолептическим и физико-химическим показателям качества и показана возможность ее применения в макаронном производстве.

Посредством планирования эксперимента подобраны соответствующие технологические параметры производства макаронных изделий: влажность теста 34 %, температура воды на замес теста 20 °С. При этих параметрах обеспечиваются наиболее оптимальные производительность макаронного пресса (2,16 кг/ч) и прочность сухих макаронных изделий (0,67 Н).

Макаронные изделия, изготовленные из данной муки, при соблюдении подобранных технологических параметров по всем показателям качества (органолептическим и физико-химическим), а также варочным свойствам соответствуют требованиям СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия».

Литература

- 1 Медведев, Г. М. Технология макаронного производства / Г. М. Медведев. – М.: Колос, 2000. – 264 с.
- 2 Чернов, М. Е. Макаронное производство: учебное пособие / М. Е. Чернов. – М.: Мир, 1994. – 208 с.
- 3 Дуктова, Н. А. Твердая пшеница – новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2015. – 135 с.
- 4 ГОСТ 31463-2012 «Мука из твердых сортов пшеницы для макаронных изделий. Технические условия». – Введен 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
- 5 СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия». – Введен 01.07.2011. – Минск, 2011. – 26 с.

Поступила в редакцию 31.10.2017