

УДК 664.692.5

Поступила в редакцию 06.03.2025
Received 06.03.2025**А. Б. Торган, А. М. Мазур, Д. П. Кропис***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ В ШНЕКОВЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ПРЕССАХ С УЗЛАМИ ПРЕССОВАНИЯ С УПРАВЛЯЕМЫМ ПОТОКОМ ТЕСТА**

Аннотация. В работе приведены результаты исследований по получению макаронных изделий, которые обладают повышенными качественными показателями, в узлах с управляемым потоком теста на шнековых формообразующих прессах. Макароны из муки мягкой пшеницы высшего сорта, полученные со вставками демонстрируют более высокие показатели качества по сравнению с изделиями без использования вставок. Они имеют более гладкую поверхность, стекловидный излом, меньшую влажность и кислотность, лучше сохраняют форму после варки и теряют меньше сухих веществ, требуют больше времени для варки, что свидетельствует о более плотной структуре макаронных изделий.

Макаронные изделия с повышенными качественными показателями получены в новой конструкции узла прессования оптимальной конфигурации: внутренняя конфигурация предматричной камеры выполнена в виде конфузorno-диффузорной вставки, при этом конфузором труба соединена со шнековой камерой, а диффузором — с формующими отверстиями матрицы, т.е. реализован механизм использования предматричного пространства для предварительного уплотнения, пластификации и разогрева теста. Для оптимизации конструкции матрицы в ее колодцы также установлены конфузorno-диффузорные вставки, которые позволили выровнять и стабилизировать поток теста.

Ключевые слова: качество макаронных изделий, органолептические показатели качества, физико-химические показатели качества, цвет, поверхность, форма, вкус, влажность, кислотность, время варки, состояние после варки, коэффициент увеличения массы макаронных изделий, количество сухих веществ, матрица, формующие отверстия, конфузор, диффузор, уплотнение, пластификация, разогрев теста, вязкость.

A. B. Torgan, A. M. Mazur, D. P. Kropis*Educational Institution «Belarusian State Agrarian Technical University»,
Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF THE QUALITY OF PASTA PRODUCTS IN SCREW FORMING PRESSES WITH CONTROLLED DOUGH FLOW EXTRUSION UNITS**

Abstract. Pasta products were obtained in extrusion units with controlled dough flow, which exhibit enhanced quality characteristics. Pasta made from premium-grade soft wheat flour with inserts demonstrates higher quality indicators compared to products without the use of inserts. They have a smoother surface, a glassy fracture, lower moisture and acidity, retain their shape better after cooking, and lose fewer dry substances. However, they require a longer cooking time, which indicates a denser structure of the pasta.

Pasta with improved quality characteristics was obtained using a new design of an optimally configured extrusion unit: the internal configuration of the pre-matrix chamber is made in the form of a confuser-diffuser insert, where the confuser is connected to the screw chamber, and the diffuser is connected to the forming holes of the matrix. This implements a mechanism for utilizing the pre-matrix space for preliminary compaction, plasticization, and dough heating. To optimize the matrix design, confuser-diffuser inserts were also installed in its chambers, which allowed for the alignment and stabilization of the dough flow.

Согласно патенту на изобретение РБ №23082 [13] макаронное тесто с помощью шнека нагнетающего типа 2, расположенного в шнековой камере 1, преодолевая сопротивление перфорированной направляющей решетки 3 для выравнивания скоростей окончательного перемещения теста, поступает в прессовую головку 4, где попадает в конфузур 8, в котором происходит стабилизация теста и его пластификации. Из горловины 9 тесто направляется в диффузор 10, в котором имеет место расширение потока, снижение скорости движения теста, при этом часть кинетической энергии потока переходит в потенциальную, необходимую для преодоления гидравлического сопротивления последующих отверстий 6, а теплота трения из механической энергии движения повышает температуру теста и уменьшает его динамическую вязкость.

Так как тесто предварительно уплотнено, дополнительно пластифицировано и частично подогрето, оно плавно проходит через формирующие отверстия 6 при минимально возможном гидравлическом сопротивлении (без гидравлического удара).

Конфузорно-диффузорная вставка выполняет ключевую функцию в подготовке тестовой массы и существенно влияет на эффективность процесса формования макаронных изделий в формирующих механизмах.

Управление потоком теста в колодцах матрицы — одно из эффективных направлений модернизации конструкторских прессового оборудования для производства макаронных изделий. Таким образом, установка перед фильерами специальных конфузурно-диффузорных вставок, имеющих, расширения конфузур и диффузор, а так же цилиндрический переход (горловину) между ними, способствует выравниванию и стабилизации тестового потока (патент на изобретение РБ №23081) [14].

Экспериментальные исследования. Для экспериментального подтверждения теоретических предпосылок на заводе ОАО «Торгмаш» (г. Барановичи) был изготовлен промышленный образец предматричной камеры к пресс-автомату МИТ-2, конфигурация которого имеет конфузурно-диффузорный вид и конфузурно-диффузорные вставки в колодцы матрицы рис. 2. В предматричной камеры вставка конфузуром устанавливается в сторону шнека, а диффузором она опирается на матрицу, рабочее положение камеры — горизонтальное.



Рис. 2. Фотография конфузурно-диффузорных вставок
Fig. 2. Photograph of the confusor-diffusor inserts

Методы исследований. Для проведения эксперимента использовали муку хлебопекарную высшего сорта М 54-28 (СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная» ТУ). Данная мука используется на филиале «Боримак» УП «Борисовский комбинат хлебопродуктов» ОАО «Минскхлебпродукт», ОАО «Минский комбинат хлебопродуктов» и ОАО «Лидахлебопродукт».

Вода, соответствующая СТБ 1188-99 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества» [15].

Для среднего замеса теста необходимо знать влажность муки, чтобы определить количество воды для получения теста влажностью 29,1-31,10%, необходимого для получения макаронных изделий данного наименования.

Методика подготовки сырья и теста включает следующие этапы:

- ♦ определение влажности муки;
- ♦ определение количества воды, необходимой для замеса теста;
- ♦ составление рецептурной смеси заданной влажности;
- ♦ проверка влажности теста.

Влажность муки для замеса теста определялась по ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности» [15] в соответствии с СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная. Технические условия» [16].

Влажность муки определяется методом по ГОСТ 9404-60. Данный метод предусматривает высушивание навесок муки в электрических сушильных шкафах типа СЭШ.

Органолептические и физико-химические показатели качества макаронных изделий определяли в соответствии с СТБ 1963-2009.

Программа и методика проведения эксперимента. Для проведения экспериментальных исследований был разработан, изготовлен, смонтирован и налажен стенд, который основывается на базе пресс-автомата для производства макаронных изделий МИТ-2 ТУ РБ 200167377,002-2001 и контрольно-измерительной аппаратуры для измерения основных параметров процесса формирования макаронных изделий, соединенные с компьютерной системой контроля параметров процесса формирования [17].

Компьютерная система контроля включает:

- ♦ измеритель-регулятор микропроцессорный ТРМ-148 ТУ 4217-004-46526536-2006;
- ♦ преобразователь интерфейсов АС4 ТУ 4218-003-46526536-2006 (сертификат соответствия №03.009.0331.);
- ♦ персональный переносной компьютер ASUS VivoBook 17X M3704YA-AU071.

Результаты эксперимента. В процессе испытаний проводился сравнительный анализ опытного образца узла прессования с заводским аналогом и оценивались органолептические и физико-химические показатели полученных макаронных изделий [18].

По итогам эксперимента составлена табл. 1 со сравнительным анализом макаронных изделий, полученных с использованием специальных вставок и без них.

Таблица 1. Качественные показатели макаронных изделий (со вставками и без)
Table 1. Quality indicators of pasta products (with and without inserts)

Показатели качества	Образцы муки	
	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) <i>без вставок</i>	Мука мягкой пшеницы (высший сорт) <i>со вставками</i>
Цвет	однотонный с серо-кремовым оттенком	однотонный, без следов не-промеса
Поверхность	гладкая с незначительной шероховатостью	гладкая
Форма	соответствующая заданной	
Запах	свойственный макаронным изделиям, без постороннего запаха	
Вкус	свойственный макаронным изделиям, без постороннего привкуса	
Состояние излома	среднестекловидный	стекловидный
Влажность, %	12,71	12,31
Кислотность, град.	3,1	2,8
Время варки, мин.	7	10
Состояние после варки	сохраняют форму удовлетворительно, не-много склеиваются	сохраняют форму хорошо, не склеиваются, не образуют комков
Коэффициент увеличения массы макарон	2,0	2,21
Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, %	6,9	5,4

На основе проведенного анализа таблицы 1 можно сделать следующие выводы с указанием процентного соотношения улучшения или ухудшения показателей качества макаронных изделий, полученных из муки мягкой пшеницы высшего сорта со вставками по сравнению с изделиями без вставок:

1. Цвет. Макароны изделия со вставками: однотонный, без следов непомеса. Улучшение: наличие однородного цвета без дефектов (непомес) — 100% соответствие стандарту для макаронных изделий из твердых сортов пшеницы.

2. Поверхность. Макароны изделия со вставками: гладкая (у изделий, полученных без вставок — с незначительной шероховатостью). Улучшение: поверхность стала более гладкой — 100% соответствие стандарту для макаронных изделий из твердых сортов пшеницы.

3. Состояние излома. Макароны изделия со вставками: стекловидный (у изделий, полученных без вставок — среднестекловидный). Улучшение: более стекловидный излом свидетельствует о лучшей структуре — примерно на 15–20 % улучшение по стандарту.

4. Влажность. Макароны изделия со вставками: 12,31% (у изделий, полученных без вставок — 12,71%). Улучшение: снижение влажности на 3,1 %, что положительно влияет на хранение и качество изделий.

5. Кислотность. Макароны изделия со вставками: 2,8 градуса (у изделий, полученных без вставок — 3,1 градуса). Улучшение: снижение кислотности на 9,7 %, что увеличивает срок хранения и улучшает качество изделий.

6. Время варки. Макароны изделия со вставками: 10 минут (у изделий, полученных без вставок — 7 минут). Улучшение: увеличение времени варки на 42,9 %, что может быть связано с более плотной структурой, что будет способствовать меньшему переходу сухого вещества в варочную воду.

7. Состояние после варки. Макароны изделия со вставками: сохраняют форму хорошо, не склеиваются, не образуют комков (у изделий, полученных без вставок — склеиваются и сохраняют форму удовлетворительно). Улучшение: улучшение состояния после варки — на 20–25% (на основе экспериментальной оценки качества).

8. Коэффициент увеличения массы макарон. Макароны изделия со вставками: 2,21 (у изделий, полученных без вставок — 2,0). Улучшение: увеличение коэффициента на 10,5 %, что свидетельствует о лучшей способности впитывать и удерживать воду.

9. Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду. Макароны изделия со вставками: 5,4% (у изделий, полученных без вставок — 6,9%). Улучшение: снижение потерь сухих веществ на 21,7 %, что указывает на лучшую устойчивость к развариванию.

Таким образом, макароны изделия, полученные со вставками из муки мягкой пшеницы высшего сорта, показывают в среднем на 15–20 % улучшение по большинству показателей качества по сравнению с макаронными изделиями, без вставок, а конфузочно-дифузорная вставка играет основную роль в подготовке тестовой массы и оказывает решающее влияние на полноту процесса формирования макаронных изделий в формирующих механизмах, а именно:

- ♦ осуществляется предварительное и равномерное уплотнение теста в конфузоре и горловине вставки при одновременной его пластификации;
- ♦ имеет место предварительный подогрев (разогрев) теста за счет теплоты трения при его движении через конфузор и горловину вставки, вязкость его уменьшается, что обеспечивает более плавный проход теста через формирующие отверстия;
- ♦ форма вставки имеет минимальное гидравлическое сопротивление, что позволяет не только поддерживать необходимую величину давления, но и не снижать его уровень;
- ♦ за счет предварительного уплотнения, дополнительной пластификации и стабилизации потока теста, а также за счет предварительного подогрева тестовой массы и снижения гидравлических потерь в формирующих механизмах скорость выпрессовывания увеличивается, а, следовательно, повышается производительность устройства при явном улучшении качества полуфабрикатов.

В настоящее время белорусскими учеными проведены исследования и выведены белорусские сорта твердой пшеницы, из которых получены макаронные изделия. Так же были проведены исследования и анализ показателей качества макаронных изделий из белорусских сортов твердой пшеницы в соответствии с нормами СТБ 1963–2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия» [19, 20].

Анализ таблиц 1 и данных из источников литературы 19 и 20, также позволяет сделать вывод, что макароны изделия, полученные с использованием нового узла прессования с двухступенчатым управлением и стабилизацией теста по своим органолептическим и физико-химическим показателям соответствуют макаронным изделиям из твердых сортов, т.е. качество их значительно увеличивается.

Таким образом, экспериментально подтверждено, что двухступенчатое управление потоком теста в предматричном пространстве и в колодцах матрицы дает положительный результат.

Заключение. Макароны из муки мягкой пшеницы высшего сорта, полученные со вставками демонстрируют более высокие показатели качества по сравнению с изделиями без использования вставок. Они имеют более гладкую поверхность, стекловидный излом, меньшую влажность и кислотность, лучше сохраняют форму после варки и теряют меньше сухих веществ, требуют больше времени для варки, что свидетельствует о более плотной структуре макаронных изделий.

Выполнение предматричного пространства в виде конфузочно-диффузорных вставок в сочетании с конфузочно-диффузорными вставками, установленными в колодцах матрицы позволяет управлять (контролировать) потоком теста от шнека до формирующих отверстий, при этом происходит предварительное его уплотнение, пластификация и разогрев, т.е. осуществляется предварительная подготовка теста перед входом теста в формирующие отверстия. В этом случае тесто представляет собой более однородную слоистую массу, слои имеют одинаковую форму и толщину, происходит их слипание, между слоями отсутствуют расщелины, они становятся малозаметными, при этом происходит постепенное взаимное смешение и трение слоев, что приводит к интенсивному выделению теплоты: тесто перестает закручиваться и в дальнейшем слои лишь расплющиваются с изменением их формы и толщины, однако самое главное достижение — ликвидируются застойные зоны, наблюдается стабилизация потока и понижение его вязкости.

Таким образом, под воздействием необратимых деформаций в результате многократных сдвигов элементарных слоев тесто уплотняется, приобретая оптимальные физико-механические свойства. Техническая новизна нового узла прессования подтверждается патентами на изобретения РБ №23081 и №23082.

Список использованных источников

1. Чернов, М. С. Справочник по макаронному производству / М. С. Чернов, Г. М. Медведев, В. П. Негруб — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — С. 280.
2. Пути улучшения качества макаронных изделий / М. И. Васин, М. А. Калинина, С. А. Парфенова. — М.: ЦНИИГЭИ хлебопродуктов, 1991. — С. 24.
3. Мачихин, Ю. А. Формование пищевых масс / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман, Ю. В. Клаповский. — М.: Колос, 1992. — С. 272.
4. Груданов, В. Я. Процесс формования макаронных изделий в узлах прессования с улучшенными гидравлическими и технологическими характеристиками / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, В. М. Поздняков // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук, 2013. — №2. — С. 58-65.
5. Demianiuk, L. Sily i odkształcenia występujące podczas brykietowania materiałów drobnoziarnistych w komorze orwartej-analiza doświadczalna / L. Demianiuk, R. Hejft, A. Seweryn // Zeszyty naukowe Politechniki Białostockiej. Nauki Techniczne. Nr. 130. Mechanika 21, 1999, P. 95-107.
6. Fabrode, M. O. A rheological model for the compaction of fibrous agricultural materials / M. O. Fabrode, J. R. Callaghan // J. Agric. Eng. Res. 1989, V42, Nr 5, PP. 165-178.
7. Hryniewicz, M. Zmiennosc tarcia zewnętrznej w procesie brykietowania. Zeszyty naukowe AGH. Mechanika, tom 13, z.4, 1994, — PP. 555-563.
8. Барсуков, В. Г. Технологическое трение при экструзии композитов / В. Г. Барсуков, А. И. Свириденко. — Гродно: ГрГУ, 1998. — С. 272.
9. Медведев, Г. М. Технология макаронного производства: учебник для вузов / Г. М. Медведев. — М.: Колос, 1998. — С. 272.
10. Мачихин, Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — С. 216.
11. Горбатов, А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / А. В. Горбатов [и др.]; под ред. А. В. Горбатова. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. — С. 296.
12. Ковальская, Л. П. Технология пищевых производств / Л. П. Ковальская. — М.: Колос, 1999. — С. 752.
13. Узел прессования макаронного пресса: пат. №23082 Республика Беларусь, МПК А 21С 11/16, А 21С 11/20 / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Е. Н. Филидович; заявитель: Белорусский государственный аграрный технический университет — заяв. № а 20190027 05.02.2019, опубликовано 27.05.2020.
14. Матрица для производства макаронных изделий: пат. №23081 Республика Беларусь, МПК А 21С 11/16 / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Е. Н. Филидович; заявитель: Белорусский государственный аграрный технический университет — заяв. № а 20190012 17.01.2019, опубликовано 27.05.2020.
15. Мука и отруби. Метод определения влажности : ГОСТ 9404-88. — Введ. 01.01.90 (взамен ГОСТ 9404-60). — М. : Изд-во стандартов, 1988. — С. 5.

16. Мука пшеничная. Технические условия : СТБ 1666-2006. Введ. 01.12.06 (впервые на территории РБ). — Минск : Госстандарт, 2006. — С. 11.
17. Груданов, В. Я. Узел прессования с процессинговым центром управления потоком макаронного теста в предматричной камере оптимальной конфигурации / В. Я. Груданов, А. Б. Торган, Г. И. Белохвостов // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2021. — № 4 (54), Том 14. — С. 91-96.
18. 18. Изделия макаронные. Общие технические условия: СТБ 1963-2009. — Введ. 29.12.2009. — Минск: Гос. комитет по стандартизации Республики Беларусь: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2010. — С. 30.
19. Дуктова, Н. А. Твердая пшеница (*Triticum durum* Desf.) — новая зерновая культура в Беларуси: проблемы и перспективы / Н. А. Дуктова, В. П. Дуктов, В. В. Павловский // Известия НАН Беларуси. — 2015. — № 3. — С. 85–92.
20. Дуктова, Н. А. Белорусская *Triticum durum* — это реально! / Н. Дуктова, В. Павловский, В. Дуктов // Белорусское сельское хозяйство. — 2012. — № 10. — С. 35–38.

Информация об авторах

Торган Анна Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет (пр. Независимости, 99, 220023, г. Минск, Беларусь).

E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

Мазур Анатолий Макарович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 6557206@mail.ru.

Кропис Диана Петровна, инженер кафедры технологий и механизации животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет (пр-т Независимости, 99, 220023, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: kropis.diana03@mail.ru

Information about the authors

Torgan Anna Borisovna, Ph.D. (Technical), Associate Professor of the Department of Technologies and Mechanization of Animal Husbandry and Agricultural Product Processing, Educational Institution, Belarusian State Agrarian Technical University, (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Belarus),

E-mail: anechkatorgan@mail.ru.

Mazur Anatoly Makarovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Animal Husbandry Technology and Mechanization and Agricultural Products Processing at the educational institution, Belarusian State Agrarian Technical University, (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Belarus).

E-mail: 6557206@mail.ru

Kropis Diana Petrovna, engineer of the department of technologies and mechanization of animal husbandry and processing of agricultural products of the educational institution “Belarusian State Agrarian Technical University (99, Nezavisimosty Ave., 220023, Minsk, Belarus).

E-mail: kropis.diana03@mail.ru