

УДК 664.83:613.2
https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-1(51)-31-42

Поступила в редакцию 12.01.2021
Received 12.01.2021

З. В. Ловкис, А. И. Григель

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь*

ПРЕССОВАНИЕ И СУШКА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. Статья посвящена теме макаронных изделий и таким технологическим процессам их производства, как замес макаронного теста, прессование или формование макаронных изделий, сушке готовых изделий.

Описаны характерные особенности и определяющие параметры для каждого из процессов. Основными параметрами, влияющими на качество готового продукта, для технологического процесса замеса теста являются влажность, температура и процесс вакуумирования теста, для процесса формования макаронных изделий – давление прессования и влажность теста, для процесса сушки – температура, скорость движения и влажность сушильного воздуха.

Описан характер движения теста в шнековой камере и прессующей головке во время формования макаронных изделий, рассмотрен процесс сушки макаронных изделий, приведена кривая сушки макаронных изделий.

Ключевые слова: макаронные изделия, процесс, формование, сушка, влажность, температура, тесто

Z. V. Lovkis, A. I. Grigel

*RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,
Minsk, Republic of Belarus*

PRESSING AND DRYING PASTA

Annotation. The article is devoted to the topic of pasta and such technological processes of their production as kneading pasta dough, pressing or forming pasta, drying finished products. The characteristic features and defining parameters for each of the processes are described. The main parameters that affect the quality of the finished product for the technological process of kneading the dough are humidity, temperature and the process of vacuuming the dough, for the process of forming pasta – pressing pressure and humidity of the dough, for the drying process-temperature, speed and humidity of the drying air. The character of the dough movement in the screw chamber and the pressing head during the molding of pasta is described, the drying process of pasta is considered, the drying curve of pasta is shown.

Keywords: pasta, process, molding, drying, humidity, temperature, dough

Введение. Роль макаронных изделий в рационе питания населения мира трудно переоценить. Многие даже считают их основным продуктом питания XX столетия.

Макаронные изделия – пищевой продукт, изготавливаемый из зерновых и незерновых культур и продуктов их переработки с использованием минерального сырья, витаминов и ингредиентов с добавлением воды, смешиванием, различными способами формования и высушиванием. Они имеют высокую питательную ценность, хорошую усвояемость, быстро развариваются, неприхотливы при перевозке и хранении. Технологическая схема производства макаронных изделий представлена на рис. 1.

В состав макаронного теста для специализированного питания детей, больных фенилкетонурией, входят следующие ингредиенты: крахмал кукурузный, крахмал кукурузный кислотного гидролизованного, гуаровая камедь, куркума, соль.

Количество добавляемой воды при замесе теста и подготовке его к следующей операции прессования зависит от ее поглощения крахмалом и другими ингредиентами.

При помощи дозаторов непрерывного или периодического действия подаются исходные компоненты для приготовления теста. Замес теста осуществляется в тестосмесителях непрерывного и периодического действия. В нашей технологии в тестосмесильную емкость макаронного пресса поступает готовая смесь для низкобелковых макаронных изделий и вода.



Рис. 1. Технологическая схема производства макаронных изделий
 Fig. 1. Technological scheme of production pasta

Продолжительность замеса зависит от вида смеси и технологического оборудования и составляет от 3 до 20 минут.

Сухая смесь и вода в определенном соотношении непрерывно подаются дозаторами в тестомесильную емкость. В емкости эти ингредиенты захватываются лопастями смесителя, перемешиваются и медленно перемещаются лопастями месильных валов к противоположному торцу тестомесильной емкости. Вся подготовленная масса теста определенной плотности и вязкости через перепускное отверстие поступает в шнековую камеру макаронного пресса.

Основным рабочим органом прессующего устройства является матрица, установленная в нижней части прессовой головки. Сыпучая масса теста перемещается к прессовой головке с помощью шнека. Вследствие этого в головке и в шнековой камере возникает противодавление, тесто уплотняется, и продавливается через отверстие матрицы в виде отформованных сырых макаронных изделий.

При нагнетании уплотненной вязкой массы теста к матрице в результате интенсивного трения его о лопасти вращающегося шнека происходит ее разогрев. Поэтому для поддержания постоянной температуры теста во время работы пресса в водяную рубашку шнековой камеры, примыкающей к прессовой головке, подают холодную воду, которая должна обеспечивать температуру уплотненного теста 40–50 °С.

С увеличением времени замеса изменяются плотность и вязкость теста.

Продолжительность замеса теста зависит от двух факторов:

- ♦ достижения равномерного распределения воды по всей массе теста,
- ♦ скорости проникновения влаги внутрь частиц.

Для достижения равномерного распределения воды по всей массе теста воду в тестомесильную емкость подают в распыленном виде для быстрого и более равномерного распределения по всей тестовой массе.

Количество поданной воды определяет влажность и консистенцию теста, технологические свойства и характер изменений, которые протекают в нем в процессе его переработки. Свойства макаронного теста зависят от колебаний влажности; т.к. разница в десятые доли процента заметно отражается на скорости и величине давления прессования, внешнем виде сырых и готовых изделий, сохраняемости их формы.

С увеличением влажности теста возрастает его пластичность и уменьшаются прочность и упругость.

Влажность макаронного теста — первый технологический параметр, с помощью которого технолог может менять в определенных пределах, оказывать влияние на физические свойства теста, полуфабрикат макаронных изделий и качество продукции.

С повышением влажности теста до 32% увеличивается пластичность, текучесть теста и облегчается процесс его выпрессовывания через матрицы. Это приводит к снижению давления прессования и к увеличению скорости выпрессовывания, т.е. к повышению производительности пресса.

При более высокой влажности (более 32%) образуются комки, которые не проходят сквозь входное отверстие шнековой камеры, понижается прочность выпрессовываемых изделий и снижается давление прессования.

Температура макаронного теста — второй технологический параметр, с помощью которого достигается необходимое качество.

Традиционный режим замеса и формования макаронного теста предусматривает повышение температуры теста перед матрицей до 50–55 °С, при увеличении температуры выше 60 °С структура теста не фиксируется — происходит ослабление структуры изделий, к снижению прочности изделий, увеличению потери сухих веществ во время варки изделий.

Следующий технологический прием — это вакуумирование макаронного теста, т.е. удаление воздуха из макаронного теста с целью увеличения механической прочности и улучшения качества макаронных изделий.

При формировании теста, прошедшего вакуумную обработку, прочность полуфабрикатов повышается на 40%, а прочность сухих изделий — на 20%, увеличивается стекловидность изделий (в изломе), уменьшается их шероховатость, снижаются потери сухих веществ при варке. При отсутствии кислорода воздуха во время замеса теста не происходит процесс его потемнения, связанный с активностью фермента полифенолоксидазы, а также замедляется его протекание при сушке.

Вакуумирование осуществляется либо на стадии прессования — в начале шнековой камеры, либо на стадии замеса — в тестосмесителях.

Макаронное тесто после перемешивания уплотняется и превращается в вязкопластичное тело за счет прессования его под большим давлением в шнековой камере.

Подготовленное тесто нагнетается шнеком и поступает в предматричную камеру, преодолевает сопротивление матрицы и продавливается сквозь каналы, происходит его формование.

Основной рабочий орган прессующего устройства — шнек. При его вращении масса теста перемещается к прессовой головке. Матрица, установленная в нижней части прессовой головки, создает противодавление, в результате чего тесто уплотняется, превращается в связанную плотную тестовую массу. В зависимости от свойств теста и давления прессования шнековую камеру можно поделить на 4 зоны (рис. 2).

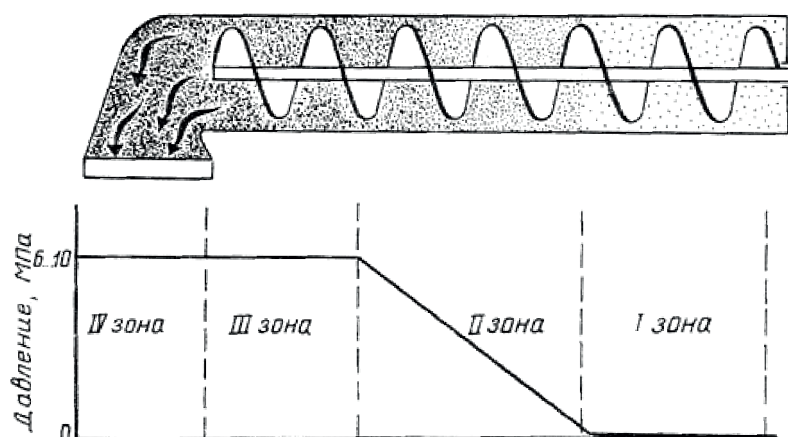


Рис. 2. Движение теста в шнековой камере
Fig. 2. The movement of the dough in the screw chamber

Частицы теста в приемной зоне нагнетающего шнека (I зона) перемещаются в основном поступательно, т.к. эта зона полностью не заполняется тестом, то в ней отсутствует давление и тестовая масса перемещается как в обычном транспортном шнеке. В этой зоне тестовая масса перемещается свободно и ее частицы не связаны одна с другой.

Во II зоне масса уплотняется, и степень связанности частиц увеличивается. Уменьшаются промежутки между частицами, и вытесняется из него воздух. При этом увеличивается число и поверхность контакта между частицами теста. Происходит склеивание частиц друг с другом. Тесто начинает оказывать сопротивление перемещению, как вязкопластичное тесто.

Частицы теста под действием вращающейся винтовой поверхности шнека получают поступательное движение вдоль оси шнека и вращательное вокруг оси шнека. В этой зоне наблюдается турбулентный характер течения теста, который сопровождается интенсивным перемешиванием теста, равномерным распределением влаги. Во II зоне происходит увеличение давления от нуля до величины давления прессования. Давление возникает тогда, когда тесто заполнит весь свободный объем полости шнека. Увеличивается сила сцепления частиц между собой (прочность когезии) и с поверхностями шнека и шнековой камеры (прочность адгезии). В конце II зоны тесто полностью заполняет объем винтовой полости шнека. Тестовая масса уплотняется, увеличивается объемная масса теста. Тесто перемещается в III зону, где совершает вращательно-поступательное движение с относительным послойным перемещением частиц. К концу III зоны тесто приобретает сплошную однородную структуру. В результате трения внутренних слоев теста между собой и трения теста о поверхности шнека и шнековой камеры происходит разогрев тестовой массы, что приводит к увеличению ее пластичности и текучести.

В IV зону тесто поступает из винтовой полости шнека и поступает в прессовую головку, распределяется по ее сечению неравномерно: в центре происходит движение с большей скоростью, чем в слоях, прилегающих к стенкам канала.

Давление в IV зоне обусловлено двумя факторами: величиной подачи вращающимся шнеком теста к матрице и сопротивлением формирующих отверстий матрицы продавливанию теста. Соотношение этих двух параметров определяет скорость формования (выпрессовывания) теста через матрицу.

Реологические свойства макаронного теста после уплотнения изменились и приобрели определенные упругость, пластичность и вязкость.

Упругость — способность теста восстанавливать первоначальную форму после мгновенного снятия нагрузки. Проявляется при малых кратковременных нагрузках.

Пластичность — способность теста сохранять форму после снятия нагрузки. Проявляется при длительных и значительных по величине нагрузках. С повышением пластичности тесто становится менее упругим и вязким.

Вязкость теста характеризуется величиной прочности на разрыв, определяемой силой сцепления отдельных частиц теста между собой.

Следующий процесс — это сушка, т.е. процесс удаления влаги из полуфабриката макаронных изделий с целью предотвращения развития биохимических и микробиологических процессов при их длительном хранении.

Сушка — наиболее продолжительная стадия процесса производства. От правильности ее проведения зависит: прочность, стекловидность, кислотность и другие свойства изделий.

Высушивание обычно заканчивают по достижении влажности менее 13%, чтобы после остывания перед упаковкой влажность составляла примерно 12–12,5%.

При выборе и разработке режимов сушки нужно учитывать две особенности макаронных изделий:

- ♦ при сушке происходит сокращение их линейных и объемных размеров (усадка) на 6–8%;
- ♦ в процессе сушки меняются структурно-механические свойства продукта.

В подавляющем большинстве высушивание макаронных изделий осуществляется конвективным способом.

Конвективный способ сушки — сушка макаронных изделий воздухом с искусственным его подогревом и принудительной вентиляцией.

Этот способ основан на тепло- и влагообмене (тепломассообмене) между высушиваемым материалом (сырые макаронные полуфабрикаты) и нагретым воздухом, который обдувает изделия. Основным параметром высушиваемого материала (в частности макаронных изделий) — это содержание в нем влаги, т.е. его влажность.

Основные параметры воздуха:

- ♦ температура;
- ♦ относительная влажность;
- ♦ скорость движения.

Чем выше температура воздуха, тем интенсивнее происходит удаление влаги из материала, чем ниже относительная влажность воздуха, тем интенсивнее он поглощает испаряющуюся влагу.

Для сушки макаронных изделий в настоящее время используют различные температурные режимы, оптимальным считается такой режим, при котором получают изделия лучшего качества (по цвету, прочности, кислотности) при наименьших затратах времени и энергии.

В нашей технологии для сушки макаронных изделий используется автоматическая сушилка шкафового типа марки С-109, которая снабжена двумя двигателями-вентиляторами, которые в свою очередь принудительно обдувают продукт горячим воздухом, а также для равномерной сушки макаронных изделий благодаря реверсу двигателей осуществляется изменение направления потока воздуха сначала в одну сторону, а потом в другую. Сушилка обладает следующими характеристиками: установленная мощность — 20 кВт; диапазон рабочих температур — 45 °С, продолжительность сушки — 2,5–3 часа.

Интенсивность высушивания зависит от скорости движения воздуха: чем больше скорость, тем быстрее отводится влага от материала.

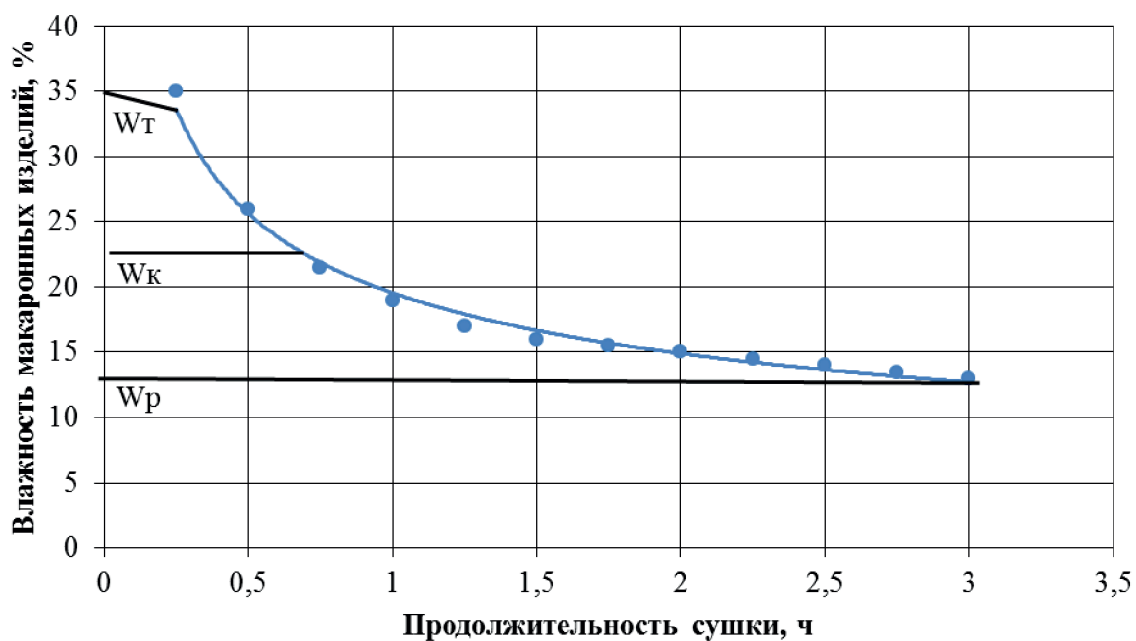
Продолжительность сушки зависит также от плотности и толщины заготовок макаронных изделий.

Полуфабрикаты макаронных изделий являются пластичным материалом, поступают на сушку с $W = 33–35\%$ и сохраняют пластичные свойства до влажности 20%.

Начальный участок на диаграмме (рис. 3) соответствует прогреву полуфабриката, происходит незначительное снижение влажности (до 32–33%). Затем снижение влажности происходит по прямой до влажности продукта 23–20% = $W_{кр}$ (момент перехода материала из пластического состояния в упругое) — это период постоянной скорости сушки, за это время удаляется менее прочно связанная осмотически влага, удерживаемая белковыми веществами. Начиная с влажности 16%, изделия становятся твердыми и хрупкими, и такими сохраняются до конца сушки. Затем наступает период падающей скорости сушки, при котором наблюдается снижение скорости удаления влаги. В этот период удаляется влага, связанная адсорбционно и прочно удерживаемая крахмальными зернами. Постепенно влажность изделий приближается к равновесной влажности — W_p (13,5–12,5%).

При сушке макаронных изделий воздухом с постоянной сушильной способностью (постоянная температура, влажность и скорость перемещения) влажность продукта приближается к определенному значению, называемому равновесной влажностью W_p , которая останется постоянной при продолжении сушки.

Заключение. В итоге, после всех операций технологии производства макаронных изделий: замес теста, прессование и формование, сушка и охлаждение макаронных изделий, получается продукция высокого качества (рис. 4).



W_T — влажность теста начальная (33–35%);
 W_K — влажность теста критическая (23–20%);
 W_P — влажность теста равновесная (13,5–12,5%)

Рис. 3. Кривая сушки макаронных изделий
 Fig. 3. Pasta drying curve



Рис. 4. Виды макаронных изделий: а — вермишель мелкая; б — рожки большие; в — рожки мелкие; г — вермишель большая; д — спиральки; е — лапша

Fig. 4. Types of pasta: a — small vermicelli; b — large horns; c — small horns; g — large vermicelli; d — spirals; e — noodles

Список использованных источников

1. Василевская, М. Н. Технология производства макаронных изделий на основе картофельного крахмала : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / М. Н. Василевская. — Могилев, 2016. — 201 л.
2. Торган, А. Б. Формование макаронных изделий в матрицах с улучшенными конструктивно-технологическими характеристиками : автореф. дис. ... к-та техн. наук : 05.18.12 / А. Б. Торган ; БГАТУ. — Минск, 2014. — 27 с.
3. Изделия макаронные низкобелковые (рецептура РЦ ВУ 190239501.2.1080-2020) / Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию ; сост.: Н. Н. Петюшев [и др.]. — Минск, 2020. — 4 с.
4. Сушилка С-109. Руководство по эксплуатации ТК 182.00.000-02 РЭ / ЗАО Научно-производственная фирма «Теко». — Санкт-Петербург, 2019 — 54 с.
5. Исследование процесса производства макаронных изделий / С.А. Давыдова, О.Н. Беспалова // Вестник АГТУ. — 2005. — № 2 (25). — с. 261–265.

References

1. Vasilevskaya, M. N. Technology of production of pasta on the basis of potato starch: dis. ... cand. tech. sciences: 05.18.01 / M.N. Vasilevskaya. — Mogilev, 2016. — 201 p.
2. Torgan, A. B. Molding of pasta in matrices with improved design and technological characteristics: author. dis. ... cand. tech. sciences: 05.18.12 / A.B. Torgan; BSATU. — Minsk, 2014. — 27 p.
3. Low-protein pasta (recipe RC BY 190239501.2.1080-2020) / Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food; comp. : N.N. Petyushev [and others]. — Minsk, 2020. — 4 p.
4. Dryer S-109. Operation manual TK 182.00.000-02 RE / CJSC Scientific and Production Firm «Teko» — St. Petersburg, 2019 — 54 p.
5. Issledovaniye protsessa proizvodstva makaronnykh izdeliy / S.A. Davydova, O.N. Bespalova // Vestnik AGTU. — 2005. — № 2 (25). — s. 261-265.

Информация об авторах

Ловкис Зенон Валентинович — заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член — корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: info@belproduct.com

Григель Алексей Иосифович — аспирант, инженер опытного производства РУП «Научно — практический центр НАН Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: alex_10.92@mail.ru

Information about the authors

Lovkis Zenon V. — Honored Science Worker of the Republic of Belarus, corresponding member of the National Academy of Science of Belarus, Doktor of Engineering sciences, Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: info@belproduct.com

Grigel Alexey I. — engineer of the certification, metrology and quality systems of RUE “Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Science of Belarus” (29, Kozlova str., Minsk 220037, Republic of Belarus). E-mail: alex_10.92@mail.ru