ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104
УДК 664.69

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

С. А. Романчиков

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева», 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

e-mail: romanchkovspb@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 01.07.2018
Дата принятия в печать: 20.09.2018

© С. А. Романчиков, 2018

Аннотация. Одной из приоритетных задач, при организации питания военнослужащих в районах Крайнего Севера и в Арктической зоне Российской Федерации в настоящее время является доведение всех необходимых организму пищевых веществ (нутриентов). При этом масса продовольственного пайка не должна увеличиваться. Для реализации данной задачи предложено технологическое решение производства макаронных изделий с животным белком и повышенным содержанием питательных веществ (в частности ретинола – витамина А, минеральных веществ, микроэлементов, омега-3 и омега-6 жирных кислот), из хлебопекарной муки из мягких сортов пшеницы. В целях достижения поставленной задачи в состав макаронных изделий была включена обогащающая добавка (печень говяжья) в количестве 30 % от общего объема теста. Состав ингредиентов, их количество и влияние на количество нутриентов в модифицированном продукте питания были рассчитаны по специально разработанной программе. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения реализуется за счет использования модернизированного технологического оборудования. Устройство для ультразвуковой магнитострикционный обработки муки обеспечивает снижение зараженности пшеничной муки патогенными микроорганизмами и плесенью. Использование в конструкции макаронного пресса устройства для обработки технологического полуфабриката ультразвуком в процессе прессования позволяет использовать пшеничную муку с низким содержанием клейковины. Модернизация устройства для сушки макаронных изделий, за счет включения источников ультразвука и инфракрасного излучения, обеспечила ускорение процесса сушки макаронных изделий с повышенным содержанием животного белка без снижения показателей качества. В результате экспериментальных исследований были получены эмпирические зависимости качества предложенных макаронных изделий от воздействия ультразвука и инфракрасного излучения. Интенсификация процесса производства макаронных изделий с животным белком и с повышенным содержанием питательных вещества составила 22–26 %, при одновременном повышении предела прочности готовых изделий на 20–25 %.

Ключевые слова. Макаронное тесто, печень говяжья, технологическое оборудование, ультразвук, инфракрасное узлучение, сушка, упаковка

Для цитирования: Романчиков, С. А. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения / С. А. Романчиков // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 96–104. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104.

Original article

Available online at http://fptt.ru/

Ultrasound and Infrared Radiation in Pasta Production

S.A. Romanchikov

A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics, 8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia

e-mail: romanchkovspb@mail.ru

Received: July 01, 2018
Accepted: September 20, 2018

© S.A. Romanchikov, 2018

Abstract. One of the current priorities of food supply for military personnel in the Far North and the Russian Arctic is to preserve its nutrition quality while maintaining the mass of food ration. To implement this task, the author proposes to produce soft wheat pasta with animal protein and high nutrient content (retinol, i.e. vitamin A, minerals, mineral nutrients, omega-3 and omega-6 fatty acids). Beef liver was added to the pasta as an enriching additive in the amount of 30% of the total dough. The composition of the ingredients, their quantity, and the effect on the amount of nutrients in the modified food product were calculated according to a specially designed program. Modernized equipment made it possible to use ultrasound and infrared radiation to intensify the

technology of pasta production. A device for ultrasonic magnetostriction processing of flour reduced the contamination of wheat flour with pathogenic microorganisms and mold. An ultrasound press made it possible to use low gluten wheat flour. Modernization of the drying equipment by including sources of ultrasound and infrared radiation accelerated the process of drying. As a result, the pasta with a high content of animal protein did not lose in quality. The experimental studies revealed empirical dependency between the quality of the pasta and the ultrasound and infrared radiation. Intensification of the production of pasta with animal protein and a high nutrient content was 22–26%, while the strength of the finished product increased by 20–25%.

Keywords. Pasta dough, liver beef, processing equipment, ultrasound, infrared nail, drying, packaging

For citation: Romanchikov S.A. Ultrasound and Infrared Radiation in Pasta Production. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 96–104. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-96-104.

Введение

Разработка технических решений по повышению эффективности продовольственного обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации (ВС РФ) и их применение в органах продовольственной службы обуславливают необходимость создания технологий, направленных на обеспечение хранения продовольствия, производство консервированных и концентрированных продуктов питания, улучшение качества организации питания, а также совершенствование процессов приготовления пищи на полевых технических средствах продовольственной службы (ПТС ПС).

Общая структура и состав технологических решений по реализации приведенных задач показаны на рис. 1.

Особая роль среди этих технологических решений принадлежит технологиям производства и хранения продовольствия для группировки войск (сил) в районах Крайнего Севера и Арктической зоне Российской Федерации (КС и АЗ).

К ним относятся:

1. Технология магнитострикционной очистки муки, подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности (ППЦ), прессования макаронного теста и акустической сушки в псевдоожиженном слое [1];
2. Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения;
3. Технология инактивирования и прекращения микробиологических и аэробных процессов в продуктах питания;
4. Способ электростимуляции парного мяса.

В целях расширения ассортимента продуктов питания, повышения пищевой ценности и витаминизации продовольственного пайка для военнослужащих, проходящих службу в районах КС и АЗ РФ, предложена «Технология интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения».

Объекты и методы исследования

Предлагаемая технология, в сравнение с

Рисунок 1 – Структура и состав технологических решений по повышению эффективности продовольственного обеспечения Вооруженных сил Российской Федерации

Figure 1 – The Structure and composition of technological solutions for improving the food security of the Armed Forces of the Russian Federation

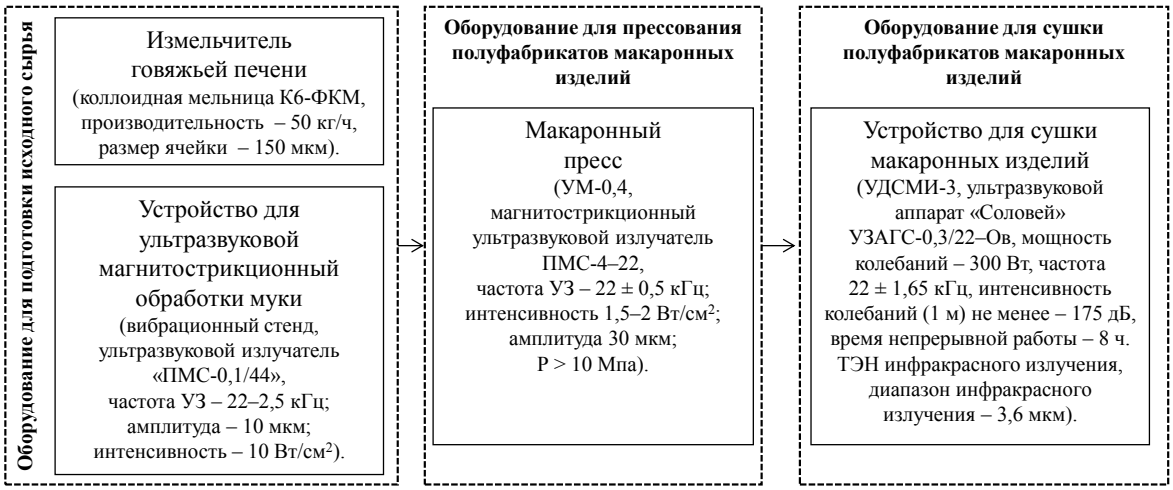


Рисунок 2 – Модернизированное технологическое оборудование для производства макаронных изделий с говяжьей печенью

Figure 2 – Modernized technological equipment for the production of pasta with beef liver

существующей технологией и технологией магнитострикционной очистки муки, подготовки комплексной мучной смеси повышенной пищевой ценности, прессования макаронного теста и акустической сушки в псевдоожиженном слое [1] отличается тем, что для витаминизации и обогащения животным белком можно использовать обогащающую добавку – говяжья печень (сырая, охлажденная) в объёме 30 % (к массе продукта).

Технология основана на использовании следующего технологического оборудования: измельчителя говяжьей печени; устройства для ультразвуковой магнитострикционный обработки муки; макаронного пресса; устройства для ускоренной сушки макаронных изделий (рис. 2).

Результаты и их обсуждение

Для удаления излишней влаги из консистенции технологического полуфабриката (теста), включающего измельченную говяжью печень, в состав технологического оборудования входит источник инфракрасного излучения. Необходимость его применения обусловлена более высоким значением влажности говяжьей печени (вода – 71 %), чем в сублимационном мясе (вода – 7 %), которое применялось в раннее рассмотренной технологии [1],

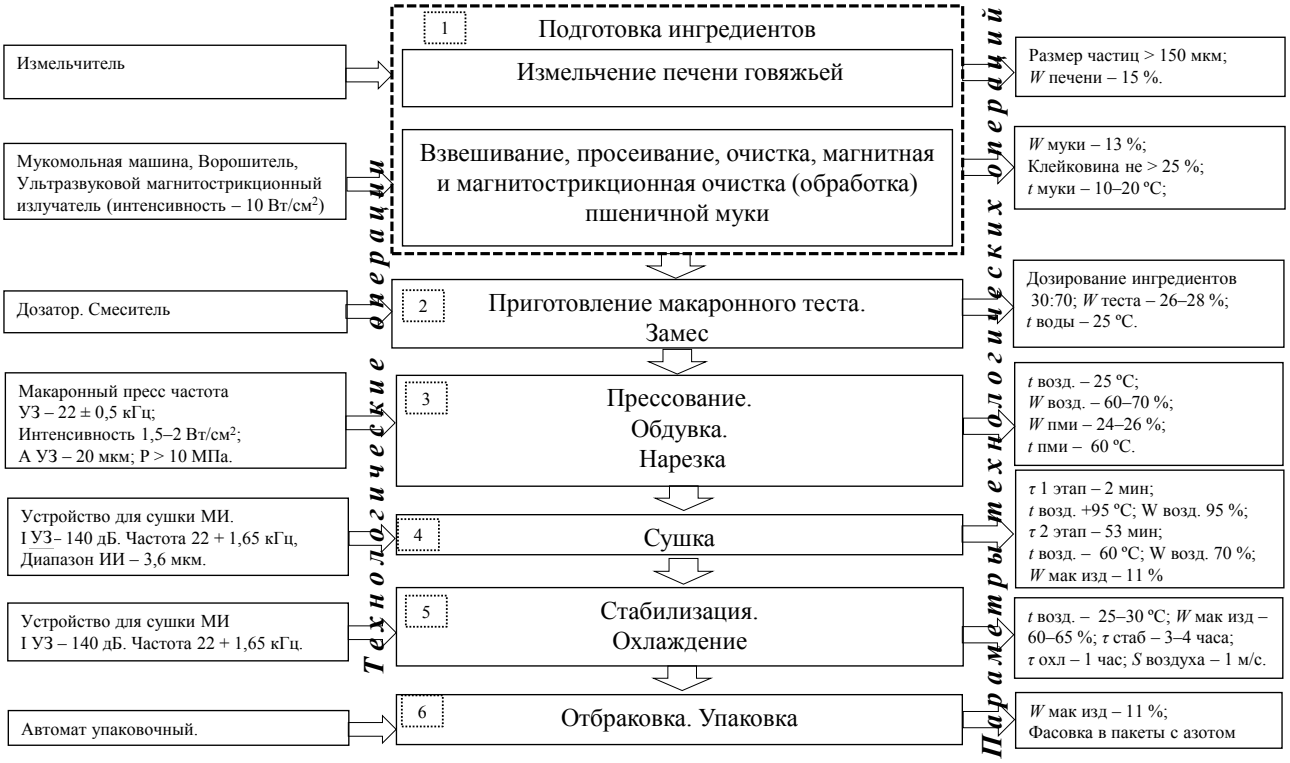


Рисунок 3 – Технологические процессы в предлагаемой технологии интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

Figure 3 – Technological processes in the proposed technology of pasta production with the use of ultrasound and infrared radiation

Таблица 1 – Основные преимущества технологии интенсификации производства макаронных изделий с использованием ультразвукового воздействия и инфракрасного излучения

Table 1 – The main advantages of the technology for intensification of pasta production with the use of ultrasound and infrared radiation

Этапы	Преимущества
Подготовка ингредиентов	Минимизирует попадание в тесто бактерий кишечных палочек, патогенных микроорганизмов и плесени.
	Сокращает время подготовки обогащающей добавки.
	Снижает количество воды, используемой для замеса.
Приготовление макаронного теста	Позволяет использовать добавку, содержащую животный белок – 17,9 г и ретинол (витамин А) – 8,2 мг в 100 г продукта.
	Позволяет использовать пшеничную муку с низким содержанием клейковины.
	Обеспечивает равномерность распределения частиц говяжьей печени в объеме изделий, что повышает прочность макаронных изделий.
Прессование макаронного теста	Способствует механоактивации и деагломерации в процессе компактирования (упрочнение связей частиц муки с говяжьей печенью) частиц муки в изделии.
	Уменьшаются процессы трения, что снижает температуру в процессе прессования технологических полуфабрикатов.
	Снижает в 2–5 раза силы трения и давление в матрице и шнековой трубе макаронного пресса.
	Увеличивает пластичность и снижает внутренние напряжения.
	Повышает предел прочности макаронных изделий при заметном снижении гигроскопичности.
	Выделяемая влага на поверхность полуфабриката является своеобразной смазкой при проходе технологического полуфабриката через фильеры матрицы.
	Увеличивается ресурс пресс-формы на 30–40 %.
Сушка полуфабрикатов макаронных изделий ППЦ	Интенсификация процесса на 24–26 % при одновременном повышении прочности готовых изделий на 20–25 %.
	Снимаются напряжения между внешними и внутренними слоями структуры макаронных изделий вибрационным способом.
	Позволяет осуществить щадящие изменения структуры белков и углеводов в макаронном тесте.
	Снижается микробиальное обсеменение (pH более 4)
	Снижается влагопоглощение, повышаются потребительские свойства и санитарно-гигиенические показатели макаронной продукции за счет пастеризации.
Стабилизация полуфабрикатов	Повышается прочность макаронных изделий, за счет минимизации микротрещин на поверхности.
Отбраковка и упаковка	Увеличивается срок хранения макаронных изделий. Уменьшается ломкость при транспортировке и хранении.

и способностью инфракрасного излучения длиной волны λ 0,77–15 мкм значительно глубже проникать во внутренние слои полуфабриката.

Принципиальная схема технологических процессов в предлагаемой технологии показана на рис. 3.

Сущность технологии заключается в реализации следующих технологических процессов.

1. Подготовка ингредиентов:

– измельчение печени говяжьей до тонкоизмельчённого фарша с частицами размером не более 150 мкм [2];

– подготовка пшеничной муки: взвешивание на весах, рыхление и насыщение муки кислородом (аэрация муки), отделение от муки посторонних включений, магнитострикционная очистка (механическое повреждение поверхности микроорганизмов (деформация структуры грибков, плесени, бактерий)).

2. Приготовление макаронного теста.

В соответствии с рецептурой производится дозирование ингредиентов в соотношении: мука пшеничная высшего сорта – 70–73 %; обогащающая добавка (говяжья печень) – 27–30 %, содержащая животный белок – 17,9 г и витамин А (ретинол), в количестве 8,2 мг на 100 г продукта.

Основные преимущества предлагаемой технологии показаны в табл. 1.

Для определения состава ингредиентов и их количества используется разработанная программа [3–5], результаты вычислений представлены в табл. 2.

Смешивание ингредиентов осуществляется в течение 15–18 мин при подаче воды для замеса температурой 22–25 °С. Тесто доводится до влажности 34–36 % [6–9].

3. Прессование макаронного теста. На данном этапе макаронное тесто с обогащающей добавкой прессуется при давлении (Р > 10 МПа) в виде трубчатых изделий диаметром 6 мм в поле ультразвука, воздействие которого осуществляется в зоне макаронной матрицы с частотой 22 ± 0,5 кГц, интенсивностью 1,5–2,0 Вт/см^2, амплитудой 20 мкм. После прессования полуфабрикаты обдуваются воздухом температурой 22–25 °С и нарезаются длиной 250 мм [11–14]. Принципиальная схема технологического процесса прессования полуфабрикатов макаронных изделий представлена на рис. 4.

Макаронное тесто, содержащее пшеничную муку мягких сортов и добавку (говяжью печень), имеет относительно низкую долю основного структурообразующего компонента изделий – клейковинных белков. В результате прессование

Таблица 2 – Сравнительная характеристика пищевой ценности макаронных изделий, изготовленных по традиционной и предложенной технологиям

Table 2 – Comparative characteristics of the nutritional value of macaroni products manufactured according to the traditional and the proposed technologies

№ п/п	Вещество	Макаронные изделия с говяжьей печенью	Традиционные макаронные изделия	Сравнительная характеристика
1.	Вода, г	11,0	13,0	
2.	Белок, г	12,93	10,8	+ 2,13
3.	Жир, г	2,02	1,3	+ 0,72
4.	Насыщенные жирные кислоты, г	0,53	0,2	+ 0,33
5.	Калий, мг	168,5	122,1	+ 46,4
6.	Натрий, мг	33,3	3,1	+ 30,2
7.	Фосфор, мг	154,4	86,2	+ 68,2
8.	Аскорбиновая кислота, мг	9,9	0,0	+ 9,9
9.	Ретинол, мг	2,46	0,0	+ 2,46
10.	Каротин, мкг	0,3	0,0	+ 0,3
11.	Витамин Е, мг	3,1	0,0	+ 25,8
12.	Витамин В12, мг	18,1	0,0	+ 18,1
13.	Ниацин, мг	3,54	1,2	+ 2,34
14.	Энергетическая ценность, ккал	271,9	334	– 62,1

полуфабрикатов макаронных изделий под воздействие ультразвука на молекулярном уровне происходит более плотная укладка макромолекул макаронного теста и улучшаются физические свойства макаронных изделий [15].

4. Процесс сушки включает в себя два этапа. Первый этап – сверхвысокотемпературный. Осуществляется в течение 2 мин при температуре воздуха +95 °С, влажности 95 %, уровне звукового давления 140 дБ, интенсивности инфракрасного излучения 3,6 мкм. Второй этап – высокотемпературный. Он осуществляется в течении 53 мин при температуре +60 °С, влажности 70 %, уровне звукового давления 140 дБ, интенсивности инфракрасного излучения 3,6 мкм. До влажности готовых изделий 11 % (рис. 5) [16, 17].

Сушка макаронных изделий в предлагаемой технологии эффективнее существующей за счет комплексного воздействия инфракрасного и ультразвукового излучения на технологический полуфабрикат.

Интенсифицируя процесс парообразования и подвижности частиц теста ультразвуком и инфракрасным излучением во всем объеме,

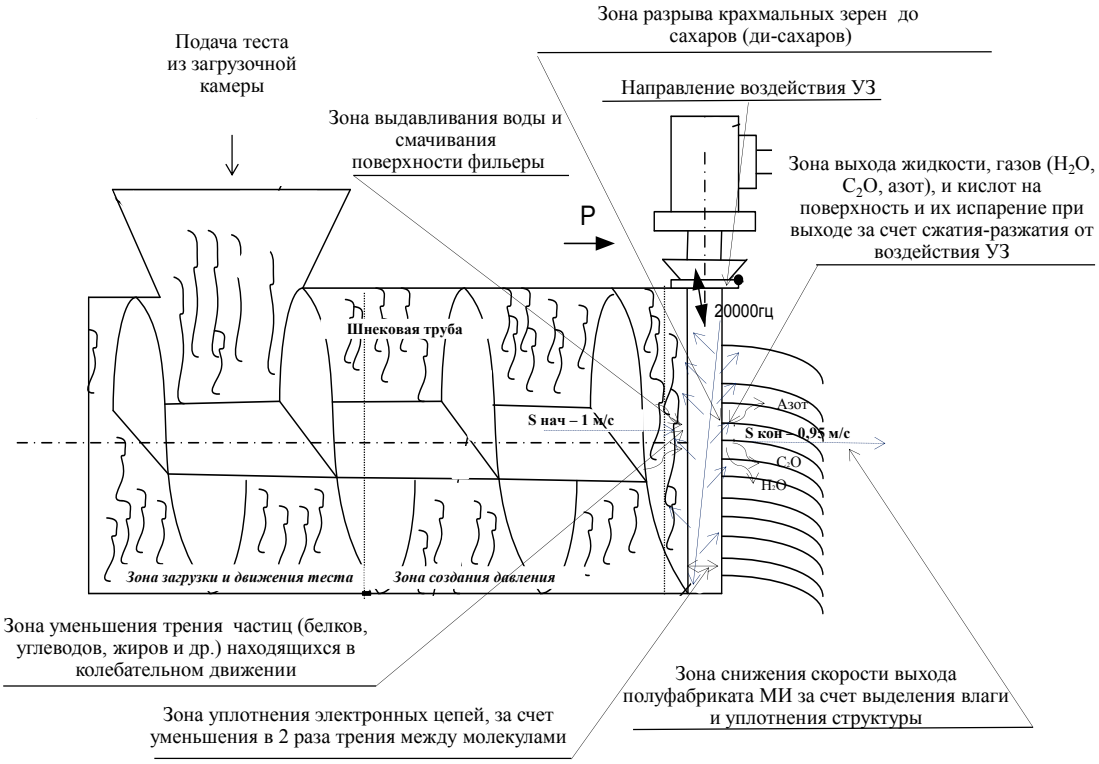
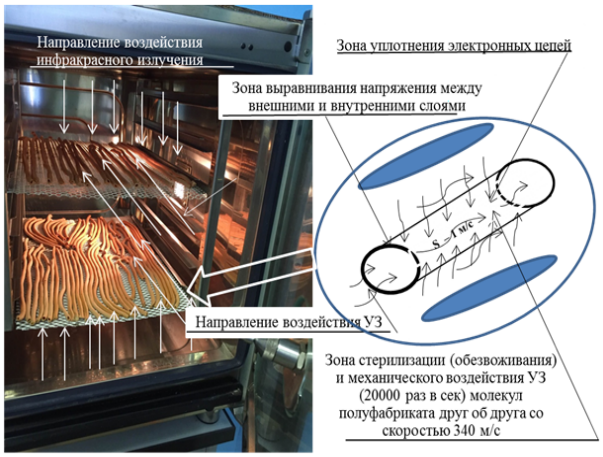


Рисунок 4 – Принципиальная схема технологического процесса прессования полуфабрикатов

Figure 4 – The schematic diagram of the technological extrusion process



Показатели	Время, τ мин											
	0	2	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Температура ИМ, °С	40	83	75	70	62	60	56	54	52	50	49	48
Влажность МИ, %	32	31	29	25	20	16	13	12	12	11	11	11
Уплотнение, г/см³	1	1	1	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,39	1,41	1,43
Сила излома, кг/см²	0,5	1	2	2,5	3,0	3,5	4	4,2	4,58	4,61	4,62	4,65

Рисунок 5 – Изменение физико-химических показателей макаронных изделий в процессе сушки

Figure 5 – The change in the physico-chemical properties of pasta in the drying process

удается добиться структурного видоизменения высушиваемых макаронных изделий, более плотной укладки длиннополимерных молекул теста и снижения количества микротрещин [18, 19].

Комплексное воздействие ультразвука и инфракрасного излучения не только значительно сокращает весь производственный цикл, но и повышает качество изделий: прочность, снижаются влагопоглощение и потери питательной ценности при хранении; готовые изделия не слипаются при варке; сохраняют правильную форму; существенно повышаются санитарно-гигиенические показатели за счет пастеризации.

Во время сушки акустические колебания проникают в поры и трещины макаронных изделий и создают в них быстро сменяющиеся зоны повышенного и разреженного давления, играя роль насоса влаги из глубинных слоев.

Кроме того, ультразвук увеличивает интенсивность теплообмена в 2–2,5 раза за счет завихрений и создания в результате этого утонченного слоя паровоздушной смеси на поверхности изделий. Это резко снижает термическое сопротивление передачи теплоты от сушильного воздуха и способствует активной денатурации и обезвоживанию белков [20].

Основными действующими факторами ускорения сушки являются повышенный коэффициент теплоотдачи и снижение вязкости жидкости от ультразвука, что ускоряет перемещение влаги по капиллярам из глубины теста на поверхность.

При интенсивности ультразвука 140 дБ из-за пульсации давления происходит сильная турбулизация приповерхностного слоя увлажненного воздуха и отрыв его от изделия, происходит активное удаление влаги в объеме камеры [21].

Также вибрационное ультразвуковое воздействие ведет к формированию более монолитной структуры изделия.

Следует отметить, что быстрая сушка без ультразвука приводит к деформации и разрушению изделий, а более медленная сушка ведет к микробиологической порче.

5. Стабилизация макаронных изделий отличается от известных технологий тем, что процесс осуществляется в течение 150 минут под воздействием ультразвука (уровень звукового давления 140 дБ), непосредственно в устройстве для ускоренной сушки макаронных изделий при скорости воздуха 1 м/с и температуре внутри сушильной камеры 25–30 °С. Охлаждение макаронных изделий происходит в течение 1 часа за счет подачи в сушильную камеру воздуха с температурой окружающей среды при воздействии ультразвука. Это значительно ускоряет процесс стабилизации напряжения между внешними и внутренними слоями и позволяет значительно снизить интенсивность биологических процессов (рис. 6).

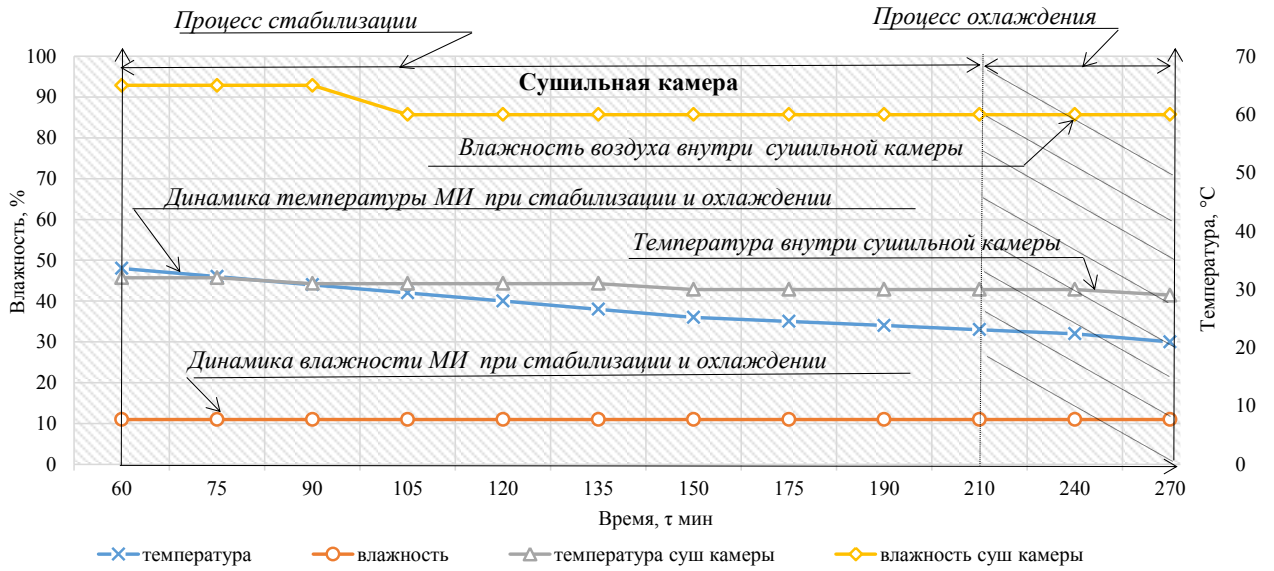


Рисунок 6 – Динамика физико-химических показателей макаронных изделий в процессе стабилизации и охлаждения

Figure 6 – The dynamics of physico-chemical properties of pasta in the process of stabilization and cooling

6. Технологический процесс отбраковки лома макаронных изделий и их упаковка отличаются от традиционной тем, что осуществляется в термопакеты с использованием азота. Масса термопакета 5 кг.

Выводы

Модернизация технологического оборудования позволила обеспечить: возможность производства макаронных изделий с животным белком, (обогащающая добавка говяжья печень в объёме 30 %), что обеспечило повышение содержания питательных веществ (в частности ретинола – витамина А, минеральных веществ, микроэлементов, омега-3 и омега-6 жирных кислот), из муки хлебопекарной мягких сортов; уплотнение структуры полуфабриката и уменьшение его ломкости, при одновременном повышении предела прочности готовых изделий на 20–25 %; улучшение потребительских свойств, а также санитарно-гигиенических показателей макаронной продукции за счет ее пастеризации; снижение влагопоглощаемости и потерь питательной ценности при хранении; производство качественных макаронных изделий влажностью 11 %, актуальных для питания военнослужащих в районах Арктической зоны; расширение ассортимента продуктов продовольственного пайка и повысить пищевую ценность без увеличения массы продовольственного пайка.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ИТМО города Санкт-Петербург.

Список литературы

1. Романчиков, С. А. Инновационная технология макаронных изделий повышенной пищевой ценности с использованием ультразвуковой магнитострикционной обработки муки / С. А. Романчиков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – Т. 362–363, № 2–3. – С. 56–61.

2. Пат. 2591458 Российская Федерация, МПК A23L 7/109. Способ производства макаронных изделий / Романчиков С. А., Кобыда Е. В., Заньков П. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО. – № 2013128514/13; заявл. 21.06.2013; опубл. 20.07.2016; Бюл. № 20. – 24 с.

3. Программа по расчету химического состава и энергетической ценности макаронных изделий с добавками : свид. 2014617950 Рос. Федерация: Пахомов В. И. [и др.] // заявитель и СПб. ВАМТО. – № 2014615648; заявл. 06.08.14; опубл. 20.09.14; Бюл. № 9.

4. Вржесинская, О. А. Использование в питании человека обогащенных пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 41–48.

5. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 31–50.

6. Осипова, Г. А. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий: монография / Г. А. Осипова, С. Я. Корячкина, А. Н. Волчков // Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева. – Орёл, 2010. – 159 с.

7. Корячкина, С. Я. Использование мясных продуктов в производстве макаронных изделий / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – Т. 279–280, № 2–3. – С. 42–45.

8. Корячкина, С. Я. Способ производства макаронных изделий из нетрадиционного сырья / С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2006. – Т. 295, № 6. – С. 33–35.

9. Реологические свойства макаронного теста с белковыми добавками / В. П. Корячкин, С. Я. Корячкина, Г. А. Осипова [и др.] // Хлебопродукты. – 2009. – № 4. – С. 44–45.

10. Пат. 2530999 Российская Федерация, МПК A21C 3/04, A21C 11/16, A21C 11/20. Макаронный пресс / Романчиков С. А., Кобыда Е. В., Заньков П. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО. – № 2013119015/13; заявл. 23.04.2013; опубл. 20.10.2014; Бюл. № 29. – 12 с.

11. Николюк, О. И. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка / О. И. Николюк, С. А. Романчиков // «Ресурсное обеспечение силовых министерств и ведомств: вчера, сегодня, завтра» : сборник статей II Международной научно-практической конференции / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2016. – С. 308–311.

12. Кобыда, Е. В. Макаронный пресс с излучателем ультразвука / Е. В. Кобыда, Е. И. Верболоз, В. Т. Антуфьев // Хлебопродукты. – 2014. – № 4. – С. 44–45.

13. Поглощение ультразвука макаронным тестом при прессовании / Е. И. Верболоз, Е. В. Кобыда, Б. А. Вороненко [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – Т. 19, № 1. – С. 80–87.

14. Романчиков, С. А. Исследование структурно-механических свойств макаронных изделий повышенной пищевой ценности в поле ультразвука / С. А. Романчиков // Сборник научных статей международной научно-практической конференции «Современные технологии продуктов питания» / Юго-Западный государственный университет. – Курск, 2014. – С. 180–183.

15. Пат. 167724 Российская Федерация, МПК A21C 9/00. Устройство для сушки макаронных изделий ускоренным способом / Верболоз Е. И., Николюк О. И. и др.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО (RU). – № 2016123879/13; заявл. 15.06.2016; опубл. 10.01.2017; Бюл. № 1. – 10 с.

16. Верболоз, Е. И. Применение ультразвука при сушке макаронных изделий с белковыми добавками/ Е. И. Верболоз, О. И. Николюк // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 50–54. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-50-54.

17. Пат. 2630455 Российская Федерация, МПК A23L 7/109. Способ ускоренной сушки макаронных изделий с добавками / Романчиков С. А.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВПО ВАМТО (RU). – № 2017102098/13; заявл. 23.01.2017; опубл. 08.10.2017; Бюл. № 25. – 98 с.

18. Верболоз, Е. И. Инновационная технология и оборудование для производства макаронных изделий с высокобелковой добавкой / Е. И. Верболоз, В. Т. Антуфьев, О. И. Николюк // Хлебопродукты. – 2016. – № 11. – С. 44–47.

19. Николюк, О. И. Влияние ультразвукового способа сушки на качество макаронных изделий с печенью / О. И. Николюк // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 69, № 3. – С. 189–194. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-189-194.

20. Николюк, О. И. Результаты экспериментальных исследований применения ультразвука при сушке макаронных изделий с белковыми добавками / О. И. Николюк // Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 4. – С. 79–85.

References

1. Romanchikov S.A. Innovative technology of pasta of the increased nutrition value with use of ultrasonic magnetostrictive processing of flour. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2018, vol. 362–363, no. 2–3, pp. 56–61. (In Russ.).

2. Romanchikov S.A., Kobyda E.V., Zan′kov P.N., et al. *Sposob proizvodstva makaronnykh izdeliy* [Method of pasta production]. Patent RF, no. 2591458, 2013.

3. Pakhomov V.I., et al. *Programma po raschetu khimicheskogo sostava i ehnergeticheskoy tsennosti makaronnykh izdeliy s dobavkami* [Program for calculating the chemical composition and energy value of pasta with additives]. Certificate RE, no. 2014617950, 2014.

4. Vrzhesinskaya O.A. and Kodentsova V.M. Enriched foodstuffs: the estimation of the maximal possible intake of vitamins, iron, calcium. *Problems of Nutrition*, 2007, vol. 76, no. 4, pp. 41–48. (In Russ.).

5. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.).

6. Osipova G.A., Koryachkina S.Ya., and Volchkov A.N. *Sposoby povysheniya biologicheskoy tsennosti makaronnykh izdeliy* [Methods of increasing the biological value of pasta]. Orel: I.S. Turgenev Orel State University Publ., 2010. 159 p. (In Russ.).

7. Koryachkina S.Ya. and Osipova G.A. Ispol′zovanie myasnykh produktov v proizvodstve makaronnykh izdeliy [The use of meat products in the production of pasta]. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2004, vol. 279–280, no. 2–3, pp. 42–45. (In Russ.).

8. Koryachkina S.Ya. and Osipova G.A. Sposob proizvodstva makaronnykh izdeliy iz netraditsionnogo syr′ya [Method for the production of pasta from non-traditional raw materials]. *News institutes of higher Education. Food technology*, 2006, vol. 295, no. 6, pp. 33–35. (In Russ.).

9. Koryachkin V.P., Koryachkina S.Ya., Osipova G.A., and Volchkov A.N. Reologicheskie svoystva makaronnogo testa s belkovymi dobavkami [Rheological properties of macaroni dough with protein additives]. *Bread products*, 2009, no. 4, pp. 44–45. (In Russ.).

10. Romanchikov S.A., Kobyda E.V., Zan′kov P.N., et al. *Makaronnyy press* [Pasta Press]. Patent RF, no. 2530999, 2014.

11. Romanchikov S.A. and Nikolyuk O.I. Innovative solutions for increasing the nutritional value of food rations. *"Resursnoe obespechenie silovykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra": sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* ["Resource provision of military ministries and departments: yesterday, today, tomorrow": collection of articles of the II International Scientific practical conference]. Perm, 2016. pp. 308–311. (In Russ.).

12. Kobyda E.V., Verboloz E.I., and Antufiev V.T. Macaroni press with an ultrasonic radiator. *Bread products*, 2014, no. 2, pp. 44–45. (In Russ.).

13. Verboloz E.I., Voronenko B.A., Kobyda E.V., and Verbitsky V.N. Ultrasound Absorption by pasta dough during pressing. *Scientific Journal NRU ITMO. Processes and Food Production Equipment*, 2014, vol. 19, no. 1, pp. 80–87. (In Russ.).

14. Romanchikov S.A. Issledovanie strukturno-mekhanicheskikh svoystv makaronnykh izdeliy povyshennoy pishchevoy tsennosti v pole ul′trazvuka [A study of the structural and mechanical properties of pasta products with increased nutritional value in the field of ultrasound]. *Sbornik nauchnykh statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye tekhnologii produktov pitaniya"* [Collection of scientific articles of the international scientific-practical conference "Modern food technologies"]. Kursk, 2014, pp. 180–183. (In Russ.).

15. Verboloz E.I., Nikolyuk O.I., et al. *Ustroystvo dlya sushki makaronnykh izdeliy uskorennym sposobom* [Device for accelerated drying of pasta]. Patent RF, no. 167724, 2017.

16. Verboloz E.I. and Nikolyuk O.I. The use of ultrasound in the process of drying pasta with protein supplements. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2017, vol. 79, no. 1, pp. 50–54. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2017-1-50-54.

17. Romanchikov S.A. *Sposob uskorennoy sushki makaronnykh izdeliy s dobavkami* [Method of accelerated drying of pasta with additives]. Patent RF, no. 2630455, 2017.

18. Verboloz E.I., Antufyev V.T., and Nikolyuk O.I. Innovative technology and equipment for production of pasta with high-protein additives. *Bread products*, 2016, no. 11, pp. 44–47. (In Russ.).

19. Nikolyuk O.I. Influence of ultrasonic drying method on the quality of pasta with liver. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, vol. 69, no. 3, pp. 189–194. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-3-189-194.

20. Nikolyuk O.I. Rezul′taty ehksperimental′nykh issledovaniy primeneniya ul′trazvuka pri sushke makaronnykh izdeliy s belkovymi dobavkami [Results of experimental studies of the use of ultrasound in drying of pasta with protein additives]. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, no. 4, pp. 79–85. (In Russ.).

Романчиков Сергей Александрович
канд. техн. наук, докторант Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, тел.: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.
https://orcid.org/0000-0003-4387-6822

Sergei A. Romanchikov
Cand.Sci.(Eng.), Doctoral student of the A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics, 8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia, phone: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.
https://orcid.org/0000-0003-4387-6822