Влияние ультразвукового способа сушки на качество макаронных изделий с печенью

Ольга И. Николук¹ nikicarrera78@gmail.com.

кафедра Технологические

¹ машины и оборудование, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, пр-т Кронверкский, 49, г Санкт-Петербург, 197101, Россия

Реферат. Предложена новая линейка макаронных изделий с обогатительной добавкой (печенью говяжьей в виде тонкоизмельченного фарша, частицами размером не более 325 мкм). Расчеты, выполненные программой для ЭВМ показали, что макаронные изделия (в соотношении 70% муки пшеничной высшего сорта и 30 % печени говяжьей), существенно дополняются нутриентами, особенно витамином А, для потребности организма человека в условиях Заполярья. Предложена высокотемпературная технология и техническое решение для выработки качественных и стойких макаронных изделий с обогатительной добавкой для хранения в особых условиях. Для проведения эксперимента разработана экспериментальная установка на базе модернизированного пароконвектомата, позволяющая автоматизировать контроль и регистрацию температурных и влажностных параметров сушильного агрегата и изделий. Изучено дозированное воздействие ультразвука и определена оптимальная интенсивность в 140 дБ при сушке отформованных макаронных изделий с добавлением печени говяжьей. В результате эксперимента установлено, что вибрации ультразвука усиливают процессы теплообмена и массообмена и более равномерно распределяют влагу в толще макаронных изделий, снижая деформационные напряжения при сушке. Время сушки изделий сократилось на 22-26 %, а прочность возросла на 19–22%. Доказано, что потеря сухих веществ при варке макаронных изделий с печенью говяжьей, высушенных в поле ультразвука, снизилась до 4,1%.

Ключевые слова: макаронные изделия, мясные добавки, печень говяжья, сушка, наложение ультразвука, варочные свойства, повышение прочности

Influence of ultrasonic drying method on the quality of pasta with liver

Olga I. Nikolyuk¹ nikicarrera78@gmail.com.

¹ production machines and equipment department, St. Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics, Kronverkskii av., 49, St. Petersburg, 197101, Russia

Summary. A new line of pasta with the addition of enrichment (beef liver in the form of minced meat sized less than 325 microns). Calculations performed by computer program showed that pasta (in a ratio of 70% grade wheat flour and 30% beef liver), significantly supplemented nutrients, especially vitamin A, for the human body needs in the Arctic. A high-technology and engineering solution for the production of high-quality and resistant pasta with the addition of enrichment for storing in special conditions. For the experiment, an experimental setup based on a modernized combi steamer, allowing to automate the monitoring and recording of temperature and humidity parameters of the dryer, and products was developed. A dosed effect of ultrasound and determined the optimal intensity 140 dB at drying the shaped pasta with the addition of beef liver was studied. The experiment revealed that ultrasonic vibration enhance heat and mass transfer processes, and more evenly distribute the moisture in the interior of the pasta by reducing the deformation stress during drying. The drying time of products decreased by 22-26% and strength increased by 19–22%. It is proved that the loss of solids during cooking pasta with beef liver, dried in the ultrasound field, dropped to 4,1%.

Keywords: pasta with beef liver, drying, application of ultrasound, cooking properties, increase strength

Введение

Важнейшим фактором профилактики и поддержания здоровья человека, особенно в экстремальных условиях Заполярья, является сбалансированное по белкам, жирам, углеводам и микронутриентам питание [7]. Не меньшее внимание должно быть также уделено расширению ассортимента продуктов и легкости их приготовления. Нами предложена новая линейка макаронных изделий, блюда из которых особенно будут востребованы в районах Крайнего Севера и Арктической зоне Российской Федерации. Особенностью таких продуктов является добавка в них (при замесе макаронного теста) печени говяжьей в количестве до 30%, что существенно обогащает приготовленное блюдо по пищевой ценности и нутриентами,

Для цитирования

Николук О. И. Влияние ультразвукового способа сушки на качество макаронных изделий с печенью // Вестник ВГУИТ. 2016. № 3. С. 189–194. doi:10.20914/2310-1202-2016-3-189-194

особенно витамином А [2, 3, 9]. Печень говяжья относится к субпродуктам первой категории, которая в пищевом отношении более ценная не только из-за содержания полноценных белков, жиров и углеводов, но и по содержанию огромного количества жизненно важных для организма витаминов А, В6, В12, С, Е и минеральных веществ. Расчеты по разработанной нами программе для ЭВМ, по определению калорийности и содержанию нутриентов в макаронных изделиях с добавками показали, что макаронные изделия с обогатительной добавкой (печенью говяжьей в виде тонкоизмельченного фарша, частицами размером не более 325 мкм) в соотношении 70% муки пшеничной высшего сорта и 30% печени говяжьей, существенно дополняются микронутриентами, в соответствии с таблицей 1 [11].

For citation

Nikolyuk O. I. Influence of ultrasonic drying method on the quality of pasta with liver. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 3. pp. 189–194. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-3-189-194

Расчетные данные пищевой ценности макаронных изделий с печенью говяжьей при влажности 11%

Estimates of the nutritional value of pasta with beef liver with a moisture content of 11%

Вещество Substance	Пищевая ценность макаронных изделий Nutrition facts of pasta	
	из муки пшеничной высшего сорта с 30% печени говяжьей prime grade wheat flour with 30% beef liver	Из муки пшеничной высшего сорта prime grade wheat flour
Вода, г water	11	13
Белок, г protein	12,93	10,8
Жир, г fat	2,02	1,3
Насыщенные жирные кислоты, г saturated fatty acids	0,53	0,2
Калий, мг potassium	168,5	122
Углеводы, г carbohydrates	52,3	71,5
Фосфор, мг phosphorus	154,4	86
Аскорбиновая кислота мг ascorbic acid	9,9	0
Ретинол (витамин А), мг retinol	2,46	0
Каротин мкг carotene	0,3	0
Витамин Е vitamin E	3	0
Витамин В12, мг vitamin B12	18	0
Ниацин, мг niacin	3,54	1,2
Энергетическая ценность, Ккал energy value	271	334

Обзор литературных источников показывает, что прессование, а тем более сушка макаронных изделий с обогатительной добавкой в количестве до 15%, вызывает повышенные трудности и предъявляет специфические требования к оборудованию [2, 6, 10, 12]. Авторами экспериментально подтверждена работоспособность запатентованных технических решений в модернизированных макаронном прессе и пароконвектомате с применением ультразвуковых генераторов [4, 8]. Ультразвук, наложенный на фильеры пресующей матрицы при амплитуде около 20–30 мкм, качественно изменяет структуру макаронного теста с добавлением в него даже более 30% мясных добавок и уплотняет его на 15–17%. При этом происходит выдавливание кавитационными пузырьками воздуха несвязанной влаги на поверхность отформованного изделия, которая смазывает фильеры и исключает налипание теста. При этом в тонком пограничном слое,

величина которого намного меньше толщины стенки макаронного изделия, с частотой 20000 Гц, периодически происходит деформация теста. В результате таких явлений как переход в высокопластичное состояние, разрушение надмолекулярной структуры и местное повышение температуры, меняются адгезионно-фрикционные свойства выпрессовываемого теста, вызывающие существенное снижение трения. При напорном течении это приводит к резкому увеличению объемного расхода. При этом производительность макаронного пресса возрастает на 20–25%, а затраты электроэнергии сокращаются [9]. Мелко измельченная печень говяжья в макаронном тесте дополнительно диспергируется и под действием механических высокочастотных колебаний распределяется между набухшей клейковиной и крахмалом, что наряду с предложенным ультразвуковым способом сушки повышает прочность готовых макаронных

изделий с печенью на 19–22% [9]. Высокая пластичность теста позволила прессовать макаронные изделия с толщиной стенки 0,6–0,7 мм.

1.1 Объекты и методы исследования

При проведении эксперимента использовали конвективный способ сушки макаронных изделий при высокотемпературном режиме и повышенной влажности воздуха: температура 95 °С и влажность 95% первые 2 минуты, затем 60 °С и влажность 70% до достижения макаронными изделиями влажности 11%. Интенсивность ультразвука 140 дБ. Затем проводили стабилизацию при температуре воздуха лаборатории около 27 °С и влажности 60% в течение не менее 4 часов.

Макаронное тесто влажностью 30% замешивали в лабораторной тестомесильной машине «KENWOOD» в течение 240 секунд, затем его подавали вручную в шнековую камеру макаронного пресса с встроенным ультразвуковым излучателем. Матрица под действием ультразвука вибрировала с частотой 20000 Гц и амплитудой 30 мкм, что дополнительно уплотняло структуру макаронных изделий с обогащательной добавкой.

Полученные сырые макаронные изделия с блестящей поверхностью диаметром 6 мм и длиной 180 мм, являлись объектом сушки.

В качестве сушильного аппарата использовали модернизированный пароконвектомат Angelo-Po. Несмотря на повышенную стоимость теплового аппарата, такое решение пока оправдано повышением точности эксперимента и удобством автоматизации управления технологическим режимом по разработанной компьютерной программе (скорость воздуха, интенсивность ультразвука, время сушки при ступенчатом изменении влажности и температуры). При большом количестве опытов в разных режимах сушки снижается риск внесения ошибок человеческого фактора, облегчается регистрация данных и их обработка. С этих позиций были подобраны и специально изготовлены в лаборатории «Акустические процессы и аппараты» Бийского технологического института ультразвуковые генераторы и пьезоэлектрические излучатели повышенной точности и необходимой мощности. Определенную трудность представляла установка излучателя ультразвука в стеклянной двери пароконвектомата, так как закаленное стекло разрушается под воздействием вибрации. Для сохранения целостности стекла нами было предложено техническое решение, направленное на фиксацию концентратора излучателя в стеклянной двери пароконвектомата. С этой целью в каркас двери была вварена пластина из

нержавеющей стали с технологическим отверстием по диаметру концентратора излучателя. В стекле также вырезано отверстие с несколько большим чем диаметром. На рисунке 1 представлена модернизация пароконвектомата.

Замер максимальной интенсивности ультразвука в разных точках объема сушильной камеры при установленных 6 сетчатых поддонах показал, что она колеблется от 150 до 135 дБ.

Рисунок 1. Модернизация пароконвектомата типа Angelo-Po: 1 – панель управления; 2 – провод питания ультразвукового излучателя; 3 – пластина-держатель; 4 – стекло двери; 5 – ультразвуковой излучатель

Figure 1. Upgrading of steam convection oven Angelo-po type: 1 – control panel; 2 – power ultrasonic transducer; 3 – plate-holder; 4 – glass doors; 5 – ultrasonic transducer

Исследования говорят о существенном повышении коэффициента теплоотдачи от сушильного воздуха к обдуваемым изделиям. Это связано с утончением на порядок ламинарного слоя воздуха у поверхности и, как следствие, снижением термического сопротивления [13]. Вибрации ультразвука усиливают процессы массообмена и более равномерно распределяют влагу в толще макаронного изделия, снижая деформационные напряжения при сушке. Внесение в макаронное тесто печени говяжьей увеличивает содержание водо- и солерастворимых фракций белка в тесте и снижает долю адсорбционно-связанной влаги. Это может усилить скорость сушки на 10%.

Ультразвук также в несколько раз может кратковременно снижать сцепление между частицами муки и мясных продуктов, производить более плотную укладку, что особенно заметно при интенсивных режимах сушки в виде исключения массового растрескивания и потери формы изделий. Явление снятия возникающих напряжений особенно заметно на конечной стадии сушки при влажности 13–11%. Причем, при достижении конечной влажности сушки и отключении нагрева циркулирующего воздуха необходимо выдержать еще 2–3 минуты в поле ультразвука,

для снижения градиента влажности и касательных напряжений в изделиях (релаксации), что уменьшает время стабилизации изделий до 3–4 часов. Во время стабилизации изделия охлаждали при температуре воздуха помещения (26–27 °C).

1.2 Результаты и обсуждение.

Динамика снижения влажности исследованных макаронных изделий при разных режимах сушки представлена таблице 2.

Таблица 2
Изменение влажности макаронных изделий с 30% печени говяжьей в процессе сушки, %

Table 2

Changing of humidity pasta with 30% beef liver during drying, %

Продолжительность сушки, мин. drying time, min.	0	10	20	30	40	50	60	70	80
без ультразвука without ultrasound	30	28	26	24	20	17	15	13	12
с ультразвуком интенсивностью 140 дБ и температуре 60 °C with ultrasound to 140 dB and a temperature of 60° C	30	27	25	20	16	14	12	11,5	11
с ультразвуком интенсивностью 140дБ и температуре 95 °C 2 мин., затем 60 °C до конца сушки в аппарате with ultrasound to 140 dB and temperature of 95° C 2 min., then 60° C until the end of the drying in the machine	30	24	17	13	11,5	11	11	11	11

Полученные экспериментальные данные позволяют определить текущую влажность макаронных изделий с печенью говяжьей в процессе сушки при постоянной скорости обдува 1 м/с.

Несмотря на повышенную влажность воздуха, высокая температура при наложенном поле ультразвука значительно сократили время процесса обезвоживания и снизили вероятность растрескивания изделий. При этом существенно ускорилась тепловая денатурация белка и частичная клейстеризация крахмала. Денатурация белков снижает энергию связи воды с белками теста и печени, легко отделяя воду. Эти процессы и ультразвук ускоряют упрочнение структуры макаронных изделий с печенью говяжьей. Нами доказано, что макаронные изделия, обработанные ультразвуком, на 19–22% более прочные. Большие изменения произошли в технологических характеристиках готовых изделий. Так как печень говяжья имеет кислотность $pH = 6,4–6,6$, это влияет на повышение pH готовых макаронных изделий до 4,7. Но на вкусе отварных макаронных изделий с печенью говяжьей это отразилось в лучшую сторону. Кроме того появился ярко выраженный приятный аромат и новый глубокий вкус отварной печени, которые не изменились и после 6 месяцев хранения в бумажной таре при комнатной температуре. Цвет макаронных изделий – светло-кофейный, соответствующий таким изделиям из пшеничной муки и прошедшей фактически термическую обработку свежей говяжьей печени. На обесцвечивание готовых изделий сильно влияет обработка их мощным ультразвуком при проведении технологического процесса прессования и сушки в поле ультразвука. Высокотемпературный режим сушки придает изделиям заметные белые

оттенки и глянцевую поверхность. В отдельных готовых изделиях через 4–5 часов после сушки появились трещины (0,4%), что на порядок меньше, чем при сушке без ультразвука.

Потребительская ценность макаронных изделий с печенью говяжьей оценивалась также их варочными свойствами: время варки, прирост массы готовых изделий, потери в варочную воду, увеличение объема макарон в конце варки, слипаемость. Все эти показатели определялись по стандартным методикам [5]. Изготовленные макаронные изделия с печенью говяжьей сравнивались с полученными по этой же технологии из муки пшеничной высшего сорта без добавки. Сушка в ультразвуке и высокое количество животного белка повлияло на снижение количества сухих веществ, переходящих в варочную воду до 4,1%, время варки возросло на 12–15% при полном отсутствии слипания изделий. Коэффициент увеличения объема несколько уменьшился с 3,24 для макаронных изделий без добавок до 3,12, но находится в допустимом пределе, а увеличение массы макаронных изделий с печенью говяжьей при варке незначительно снизилось (выход 155%). Варочная вода практически прозрачная. Оценочный балл 96–97.

Выводы

Экспериментально обоснованы новые макаронные изделия с печенью говяжьей, позволяющие расширить ассортимент продовольствия для поставок в районы Заполярья. При этом предложена технология и уникальное оборудование для прессования и сушки макаронных изделий с обогатительными добавками в количестве более 15%, что ранее вызывало

повышенные трудности. В предложенной нами технологии перераспределение влаги от более влажных внутренних слоев к наружным (явление влагопроводности) происходит не только за счет разной влажности этих слоев, но и за счет звукокапиллярного эффекта. Ультразвук существенно увеличивает скорость влагопроводности к поверхности. Выявлена и подтверждена характерная особенность сушки макаронных изделий в ультразвуке – возможность

снижать возникающие внутренние напряжения сдвига за счет кратковременного уменьшения сцепления между частицами теста и производить более плотную укладку, что особенно заметно при интенсивных режимах сушки в виде исключения массового растрескивания и потери формы изделий. Потребительская ценность макаронных изделий с печенью говяжьей возросла из-за возможности разнообразить пищу и усилить паек витамином А.

ЛИТЕРАТУРА

1 Верболоз Е.И., Кобыда Е.В., Вороненко Б.А. Поглощение ультразвука макаронным тестом при прессовании // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 1. С. 23–27.

2 Верболоз Е.И., Николук О.И. О способах повышения пищевой ценности макаронных изделий // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы образования и науки», 30 ноября, Тамбов. 2015. Ч. 6. С. 29.

3 Заявление о выдаче патента Российской Федерации на изобретение № 2016106525. Способ производства макаронных изделий / Николук О.И., Верболоз Е.И., Романчиков С.А., Антуфьев В.Т. Заявл. 2016106525, 24.02.2016 г.

4 Заявление о выдаче патента Российской Федерации на полезную модель № 2016118929. Устройство для сушки макаронных изделий ускоренным способом / Николук О.И., Верболоз Е.И., Романчиков С.А. Заявл. 2016123879, 16.05.2016 г.

5 Осипова Г.А., Корячкина С.Я., Волчков А.Н. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий: монография. Орёл: ОрёлГТУ, 2010.

6 Осипова Г.А. Использование комплексной добавки в производстве макаронных изделий // Хлебопродукты. 2011. № 8. С. 47–49.

7 Панин Л.Е. Березовиков П.Д., Андропова Т.И. Норма потребности человека в пищевых веществах и энергии для районов Сибири и Азиатского Севера // Питание – основа первичной профилактики заболеваний на Севере. 1987. С. 29–42.

8 Пат. № 2530999, RU, C1A21C3 / 04 Макаронный пресс / Романчиков С.А., Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т., Пахомов В.И., Кобыда Е.В. Заявл. 2013119015; Оpubл. 20.10.2014, Бюлл. № 29.

9 Романчиков С.А. Исследование структурно-механических свойств макаронных изделий повышенной пищевой ценности в поле ультразвука // Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологии продуктов питания», 3–5 декабря 2014 г. Курск. 2014. С. 180–183.

10 Росляков Ю.Ф., Шмалько Н.А., Сидоренко Е.О. Способы повышения биологической ценности макаронных изделий // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 6–7. С. 8–10.

11 Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2014617950 Программа по расчету химического состава и энергетической ценности макаронных изделий с добавками / Романчиков С.А., Пахомов В.И. Оpubл. 20.12.2014; Бюлл. № 9.

12 Мартиросян В.В. Жиркова Е.В., Малкина В.Д., Шмалько Н.А. и др. Сложнорецептурные обогащенные макаронные изделия // Известия вузов. Пищевая технология. 2008. № 4. С. 26–28.

13 Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Барсуков Р.В., Цыганок С.Н. и др. Исследование эффективности ультразвуковой сушки // Техническая акустика. 2009. № 6.

REFERENCES

1 Verboloz E.I., Kobita E.V., Voronenko B.A. Absorption of ultrasound in pasta dough extrusion. *Protsesy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Scientific journal ITMO. A series of "Processes and devices of food manufactures"] 2014, no. 1, pp. 23–27. (in Russian)

2 Verboloz E. I., Nikolyuk O. I. Ways of increase of food value of pasta. *Aktual'nye voprosy nauki i obrazovaniya* [Proceedings of the international scientific-practical conference "Topical issues of science and education", November 30, Tambov] 2015, part 6, pp. 29. (in Russian)

3 Nikolyuk O. I., Verboloz E. I., Sex A. S., Antufiev V. T. Zayavlenie o vydache patenta "Sposob proizvodstva makaronnykh izdelii" [Application for grant of a patent of the Russian Federation for the invention № 2016106525. Method of production of pasta] no. 2016106525, 2016 (in Russian)

4 Nikolyuk O. I., Verboloz E. I., Romanchikov S. A. Zayavlenie o vydache patenta "Ustroistvo dlya sushki makaronnykh izdelii uskorennyim sposobom" [Application for grant of a patent of the Russian Federation for useful model № 2016118929. Device for drying pasta products in rapid fashion] no. 2016123879, 2016. (in Russian)

5 Osipova G. A., Koryachkina S.Ya., Volchikov A. N. sposobu povysheniya biologicheskoi tsennosti makaronnykh izdelii [Methods of increasing the biological value of pasta]. Orel, OrelGTU, 2010. (in Russian)

6 Osipova G. A. Use of complex additives in the production of pasta. *Kheboprodukty* [Bread products] 2011, no. 8, pp. 47-49. (in Russian)

7 Berezovikov L.E., Panin P. D., Andronova T. I. Normal human needs for nutrients and energy for areas of Siberia and North Asian. *Pitanie – osnova pervichnoi profilaktiki zabolevanii na severe* [Food – based primary disease prevention in the North] 1987, pp. 29-42. (in Russian)

8 Romanchikov, S. A., Verboloz E. I, Antufiev V. T., Pakhomov V. I. et al. Makaronnyi press [Macaroni press] Patent RF, no. 2530999, 2014. (in Russian)

9 Romanchikov S. A. Study of structural-mechanical properties of macaroni products of high nutritional value in the ultrasound field. *Sovremennye tekhnologii produktov pitaniya* [Materials of international scientific-practical conference "Modern technologies of food products", 3-5 December 2014, Kursk] 2014, pp. 180-183. (in Russian)

10 Roslyakov Yu. F., Shmalko N. A. Sidorenko E.O. Methods of increasing the biological value of pasta. *Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of the universities. Food technology] 2007, no. 6-7, pp. 8-10. (in Russian)

11 Romanchikov, S. A., Pakhomov V. I. Svidetel'stvo o registretsii programmy dlya EVM "Programma po raschetu khimicheskogo sostava i energeticheskoi tsennosti makaronnykh izdelii" [Certificate of registration of program for computer № 2014617950 Program for calculation of chemical composition and energy value of pasta with additives] no. 2014617950, 2014. (in Russian)

12 Martirosyan V. V., Zhirkova E. V., Malkina V. D., Shmalko N.A. et al. Bifficult-prescription enriched macaroni products *Pishchevaya tekhnologiya* [Proceedings of the universities. Food technology] 2008, no. 4, pp. 26-28. (in Russian)

13 Khmelev V.N., Shalunov A.V., Barsukov R.V., Tsyganok S. N. et al. Study of the efficiency of ultrasonic drying. *Tekhnicheskaya akustika* [Technical acoustics] 2009, no. 6. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга И. Николюк кафедра Технологические машины и оборудование, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, пр-т Кронверкский, 49, г Санкт-Петербург, 197101, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ольга И. Николюк провела эксперимент, выполнила расчёты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат, обзор литературных источников по исследуемой проблеме.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.07.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2016

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga I. Nikolyuk graduate student, Department of production machines and equipment, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Kronverksky avenue, 49, St. Petersburg, 197101, Russia

CONTRIBUTION

Olga I. Nikolyuk conducted an experiment, performed computations, wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism, proposed review of the literature on an investigated problem.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 7.28.2016

ACCEPTED 8.20.2016