

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ SOUS-VIDE ДЛЯ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПРОДЛЕННЫМИ СРОКАМИ ГОДНОСТИ

A.A. Smolentseva, S.A. Eliseeva, E.Yu. Fedinishina

SUBSTANTIATION OF SOUS-VIDE MODES FOR SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM PLANT RAW MATERIALS WITH EXTENDED SHELF LIFE

Смоленцева А.А. – канд. техн. наук, доц. Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург.

E-mail: smolentseva_aa@spbstu.ru

Елисеева С.А. – канд. техн. наук, доц. Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург.

E-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru

Фединашина Е.Ю. – канд. техн. наук, доц. Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург.

E-mail: fedinishina_eyu@spbstu.ru

Smolentseva A.A. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Higher School of Biotechnology and Food Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg.

E-mail: smolentseva_aa@spbstu.ru

Eliseeva S.A. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Higher School of Biotechnology and Food Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg.

E-mail: eliseeva_sa@spbstu.ru

Fedinishina E.Yu. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Higher School of Biotechnology and Food Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg.

E-mail: fedinishina_eyu@spbstu.ru

В статье представлены результаты исследования параметров, формирующих качество и безопасность готовой продукции, для обоснования режимов sous-vide технологии с использованием программируемого теплового оборудования – пароконвектомата. Одним из основных показателей качества пищевой продукции является её кулинарная готовность и стабильность при хранении в охлажденном состоянии. Управлять этим процессом возможно посредством прямого и дистанционно-го регулирования температуры на всех этапах жизненного цикла продукции. Температурные режимы для большинства этапов технологического процесса установлены действующими техническими регламентами. Цель работы – изучение возможности использования пароконвектоматов для sous-vide при обработке герметично упакованных полуфабрикатов из овощей и круп с продленными сроками годности для массового производства. Объекты исследования: овощи, крупы, полу-

фабрикаты из них. Для обоснования режимов sous-vide с использованием пароконвектомата определяли следующие показатели кулинарной готовности: в крупах – влагопоглощение и развариваемость; в полуфабрикатах из свеклы, картофеля, капусты белокочанной, моркови и сельдерея корневого – изменение массы и содержания сухих веществ после тепловой обработки овощей. Для обоснования сроков годности при холодильном хранении в исследуемых объектах определяли количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). Внедрение sous-vide на предприятиях индустрии питания требует изучения влияния пониженных температур термической обработки на органолептические свойства и микробиологическую стабильность готовой продукции, способствует применению новых автоматизированных программ термической обработки продукции массового производства.

Ключевые слова: *sous-vide*, пароконвектомат, полуфабрикаты из растительного сырья, кулинарная готовность, микробиологическая стабильность.

The results of the research of the parameters forming quality and safety of finished goods for justification of sous-vide modes of technology using programmable heating equipment – a combi-steamer are presented in the study. One of the main indicators of the quality of food products is its culinary readiness and stability at storage in cooled state. It is possible to operate this process by means of direct and remote regulation of the temperature at all stages of life cycle of production. Temperature conditions for the majority of stages of technological process are set by existing technical regulations. The aim of the research is to study the possibility of using combi-steam ovens for sous-vide in the processing of hermetically packed semi-finished products of vegetables and cereals with extended shelf life for mass production. The objects of the research are vegetables, grain, semi-finished products from them. To substantiate the regimes of sous-vide using a combi-steamer, the following indicators of culinary readiness have been determined: in cereals – moisture absorption and digestibility; in semi-finished products of beets, potatoes, white cabbage, carrots and celery root – change in mass and content of dry substances after heat treatment of vegetables. To substantiate shelf life during refrigerated storage in studied objects, the quantity of mesophilic aerobic and optional anaerobic microorganisms is determined (QMAOAnM). Introduction of sous-vide at food industry enterprises demands studying the influence of lowered temperatures of heat treatment on organoleptic properties and microbiological stability of finished goods, assist at the introduction of new automated programs of mass production heat treatment.

Keywords: *sous-vide*, combi-steamer, semi-finished products from vegetable raw materials, culinary readiness, microbiological stability.

Введение. Современный этап развития общественного питания связан с внедрением инновационных технологий в процесс изготовления пищевой продукции. Реализовать данные технологии возможно с использованием универсального оборудования: пароконвектомата с

функциями программирования и дистанционного управления процессами термической обработки [1–4]. Программы термической обработки в пароконвектомате должны обеспечивать кулинарную готовность и микробиологическую стабильность продукции, поэтому они предусматривают высокую температуру греющей среды – от 90 до 200 °С и температуру в центре продукта – от 60 до 95 °С, что приводит к значительным потерям пищевых и биологически активных веществ. Альтернативой термообработке в пароконвектомате является технология *sous-vide*. Основной принцип данной технологии заключается в предварительной герметичной упаковке продукта в полимерные пакеты с помощью вакуумного упаковщика. Упакованный продукт помещается в емкость с водой и варится при строго контролируемой температуре. В зависимости от вида пищевого продукта поддерживается определенный температурный режим: для продуктов животного происхождения в интервале от 55 до 72 °С, для растительного сырья – не ниже 95 °С [2–4]. В литературных источниках приведены исследования влияния низкотемпературной обработки *sous-vide* на органолептические, структурно-механические свойства и микробиологическую стабильность, в основном продукции из мяса и птицы [5, 6]. Данные по продукции растительного происхождения весьма ограничены и главным образом затрагивают вопросы сохраняемости биологически активных веществ [7]. Кроме того, отсутствуют исследования по применению пароконвектоматов для низкотемпературной обработки овощей и круп, герметично упакованных в полимерные пакеты. Преимущества использования пароконвектоматов в технологии *sous-vide* заключаются в возможности программирования и дистанционного управления процессом приготовления больших объемов продукции.

Цель работы. Изучить возможность использования пароконвектоматов для реализации *sous-vide* при обработке герметично упакованных полуфабрикатов из овощей и круп с продленными сроками годности для массового производства.

Задачи: обоснование режимов тепловой обработки овощей и круп по технологии *sous-vide* с использованием пароконвектомата; оценка микробиологической чистоты полуфабрикатов

после термической обработки в полимерных пищевых пакетах в процессе холодильного хранения.

Объекты исследования: овощи, крупы, полуфабрикаты из них. Для обоснования режимов sous-vide с использованием пароконвектомата определяли следующие показатели кулинарной готовности: в крупах – влагопоглощение и развариваемость; в полуфабрикатах из свеклы, картофеля, капусты белокочанной, моркови и сельдерея корневого – изменение массы и содержания сухих веществ после тепловой обработки овощей. Для обоснования сроков годности при холодильном хранении в исследуемых объектах определяли количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ).

Методы исследования. *Определение влагопоглощения и развариваемости круп.* Навеску крупы 50 г взвешивали на весах CAS SW-0,5 с погрешностью 2 г, промывали проточной водой для удаления мучели и посторонних примесей, переносили в полимерные пакеты и добавляли необходимое количество воды для каждого вида крупы с учетом её набухания после промывания. Образцы вакуумировали на аппарате вакуумной упаковки JEJU, помещали в пароконвектомат Electrolux, предварительно разогретый до температуры 95 ± 1 °С с влажностью 100 % и подвергали тепловой обработке. Тестируемый образец крупы извлекали из пароконвектомата через каждые 5 минут, удаляли избыточную влагу и определяли массу набухшей крупы. Коэффициент влагопоглощения рассчитывали по формуле

$$\alpha = \frac{m_t - m_0}{m_0}, \quad (1)$$

где m_0 и m_t – масса крупы до и после тепловой обработки, г.

Развариваемость круп определяли по ГОСТ 26312.2. Полностью готовой считается крупа совершенно мягкая, но не деформированная, не имеющая при раздавливании между стеклами мучнистых непроваренных частиц. Органолеп-

тическую оценку тестируемых образцов крупы проводили по ГОСТ 31986.

Определение потерь массы и содержания сухих веществ в овощах. Перед тепловой обработкой подготовленные и нарезанные кубиками овощи (свеклу, картофель, капусту белокочанную, морковь, сельдерея корневого) помещали в герметичные полимерные пакеты с последующим вакуумированием. Овощи термически обрабатывали в пароконвектомате при температуре 95 ± 1 °С и влажности 100 %. Потери массы определяли после охлаждения полуфабрикатов до температуры окружающей среды 24 ± 2 °С путем взвешивания на весах CAS SW-0,5 с погрешностью 2 г. Массовую долю сухих веществ (в %) определяли высушиванием навески до постоянной массы при температуре 105 ± 2 °С по общепринятой методике.

Определение КМАФАнМ проводили методом посева в агаризованные питательные среды, инкубирования посевов, подсчета всех выросших видимых колоний по ГОСТ 10444.15. Для исследования микробиологической стабильности образцы продуктов, упакованные в полимерные пакеты, доводили до кулинарной готовности, охлаждали и хранили при температуре 2...4 °С. Тестируемые образцы отбирали сразу после охлаждения, через 48 и 96 часов хранения.

Результаты и их обсуждение

Обоснование режимов тепловой обработки круп и овощей. Размягчение круп при гидротермической обработке определяется изменением крахмала и углеводов клеточных стенок, в основном гемицеллюлоз. Клейстеризация крахмала разных круп происходит в диапазоне температур от 51 до 78 °С, а гидратация и частичный гидролиз гемицеллюлоз – при температуре выше 90 °С. Изучение влияния температуры обработки на кулинарную готовность пшеничной крупы показало нецелесообразность применения низких температур. В связи с этим термическую обработку рекомендовано проводить при температуре 95 °С. Результаты исследования влагопоглощения пяти образцов круп в процессе термообработки в полимерных пакетах представлены на рисунке 1.

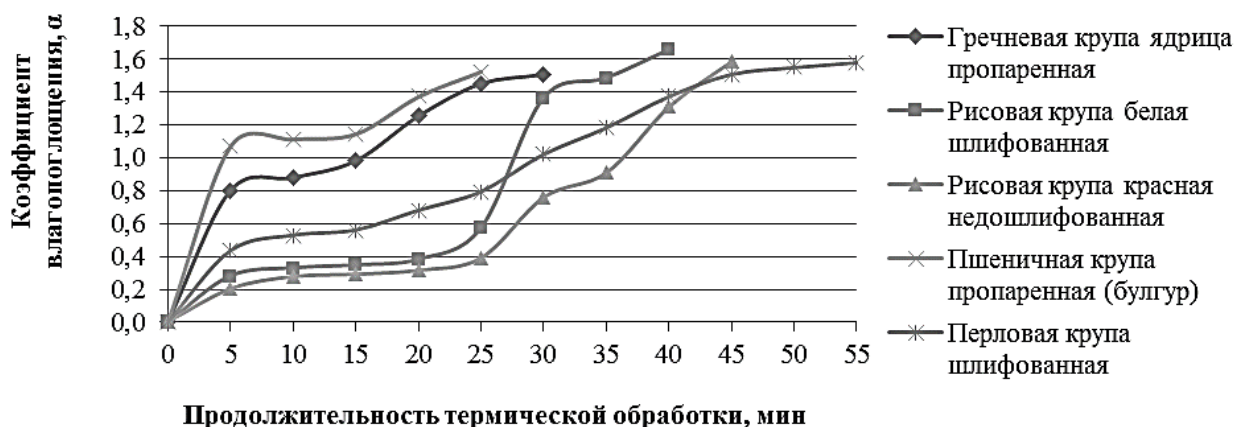


Рис. 1. Динамика влагопоглощения круп при обработке *sous-vide*, температура 95 °С

Как видно из графиков, на начальном этапе варки максимальное увеличение массы отмечено у пропаренных круп (гречневой и пшеничной). Остальные образцы начинают интенсивно впитывать воду только после 25 минут обработки. Это создает оптимальные условия для деструкции клеточных стенок и разваривания крупинки. На основании исследования развариваемо-

сти круп установили продолжительность тепловой обработки для каждого образца, данные представлены в таблице 1.

Исследования показали, что продолжительность разваривания крупы и достижения требуемой консистенции зависит от скорости проникновения влаги внутрь крупинки.

Таблица 1

Параметры тепловой обработки и органолептическая характеристика исследуемых образцов

Образец	Соотношение продукта и воды (жира)	Продолжительность тепловой обработки, мин	Органолептическая характеристика готовых продуктов
Гречневая крупа ядрица пропаренная	1 : 1,5	30	Зерна крупы целые, хорошо набухшие, легко разделяются, консистенция рассыпчатая, мягкая, однородная
Рисовая крупа белая шлифованная	1 : 2,1	40	
Рисовая крупа красная недошлифованная	1 : 2,1	45	
Пшеничная крупа пропаренная (булгур)	1 : 1,8	25	
Перловая крупа шлифованная	1 : 2,4	55	

Крупы, прошедшие гидротермическую обработку на стадии производства, легко впитывают влагу и быстро размягчаются. Остальные исследуемые крупы целесообразно замачивать для сокращения продолжительности тепловой обработки.

Для обоснования режимов тепловой обработки овощей в пароконвектомате по технологии *sous-vide* определяли потери массы и массовую долю сухих веществ. Предварительное вакуумирование герметичных пакетов с упакованными в них овощными полуфабрикатами

позволило полностью избежать потерь массы овощей за счет исключения диффузионных процессов между продуктом и варочной средой.

Оценка микробиологической чистоты полуфабрикатов после термической обработки в полимерных пищевых пакетах последующего холодильного хранения. Тепловая обработка уменьшает количество микроорганизмов и относится к процессу пастеризации продукции. По рекомендациям ТР ТС 021/2011 для кулинарной продукции, упакованной в полимерную пленку, КМАФАнМ не должно превышать значения 1×10^3 . Полуфабрикаты из овощей в течение 192 часов хранения при температуре 2...4 °С по микробиологическим показателям соответствовали требованиям ТР ТС 021/2011. Для обоснования сроков годности охлажденной продукции из круп был выбран образец пшеничной крупы с минимальной продолжительностью тепловой обработки (булгур). Исследования показали, что рекомендуемая температура 95 °С не обеспе-

чивает микробиологическую стабильность готовых продуктов при хранении. После 48 часов холодильного хранения значение КМАФАнМ превышает регламентируемое в 2 раза. Повышение температуры обработки крупы до 100 °С приводит к аналогичным результатам. Изучение эпифитной микрофлоры исходной крупы показало наличие микрококков и спорообразующих бактерий, устойчивых к гидротермической обработке. В связи с этим было предложено предварительно прогревать пшеничную крупу при 150 °С в течение 10 минут, а затем обрабатывать по технологии *sous-vide* при 95 °С. Эффективность предложенной обработки подтверждена исследованиями КМАФАнМ в течение 96 часов хранения при температуре 2...4 °С. Результаты микробиологических исследований образцов круп и овощей, приготовленных по технологии *sous-vide*, после охлаждения и хранения при температуре 2...4 °С представлены в таблице 2.

Таблица 2

Микробиологическая характеристика исследуемых образцов, приготовленных по технологии *sous-vide*, после охлаждения и хранения при температуре 2...4 °С

Образец	Количество КМАФАнМ в процессе хранения				
	0 часов	48 часов	96 часов	144 часа	192 часа
Свекла, 95 °С	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$
Картофель, 95 °С	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$
Капуста белокочанная, 95 °С	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$
Морковь, 95 °С	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$	$0,2 \times 10^3$
Сельдерей корневой, 95 °С	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$
Пшеничная крупа, 95 °С	$0,2 \times 10^3$	$1,9 \times 10^3$	$6,5 \times 10^3$	-	-
Пшеничная крупа, 100 °С	$0,6 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	$5,8 \times 10^3$	-	-
Пшеничная крупа, предварительно прогретая, 95 °С	$0,1 \times 10^3$	$0,1 \times 10^3$	$0,3 \times 10^3$	$0,4 \times 10^3$	$0,7 \times 10^3$

Для прогнозирования сроков годности продукции использовали расчетный метод. Динамику роста числа микроорганизмов аппроксимировали экспоненциальной функцией

$$X = C e^{kt}. \quad (2)$$

Коэффициенты C и k определяли по измерениям КМАФАнМ в первых пяти точках. График зависимости количества микроорганизмов от времени хранения представлен на рисунке 2.

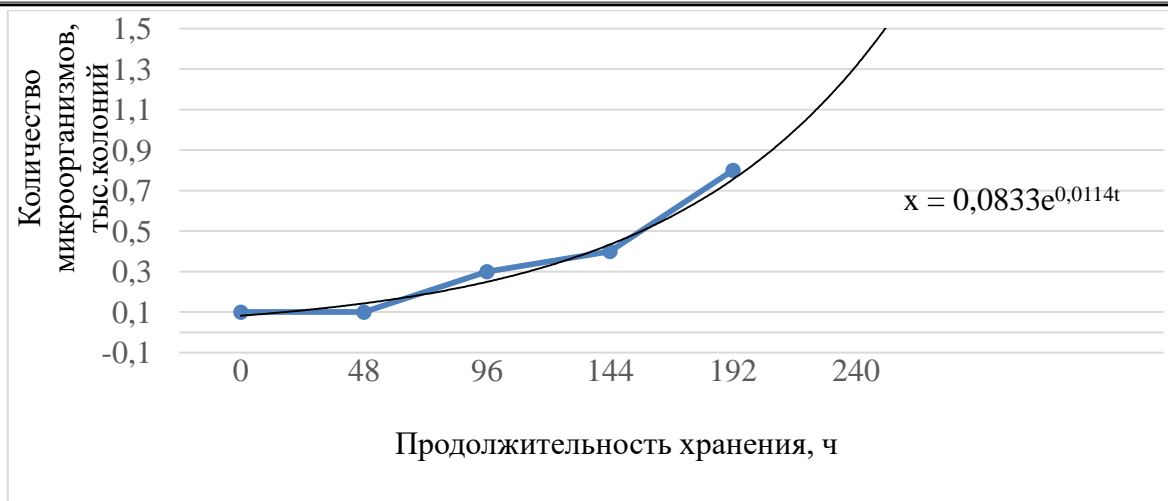


Рис. 2. График зависимости роста КМАФАнМ от времени хранения охлажденной отварной пшеничной крупы

Предельного значения показатель КМАФАнМ достигает на девятые сутки хранения. С учетом коэффициента резерва рекомендуемые сроки годности охлажденной продукции из овощей и круп составляют 144 часа (7 суток).

Выводы. Проведенные комплексные исследования доказали эффективность применения пароконвектомата для обработки продукции из овощей и круп по технологии sous-vide. Определены температурные и временные параметры обработки, обеспечивающие кулинарную готовность и микробиологическую безопасность охлажденной продукции с продленными сроками годности. Полученные результаты могут быть положены в основу разработки новых программ термической обработки продукции по технологии sous-vide в пароконвектоматах с функцией дистанционного управления.

Литература

1. Douglas E. Baldwin Sous vide cooking: A review // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2012. – №1 (1). – P. 15–30.
2. Дриль А.А. Исследование влияния технологии вакуумирования на качество полуфабрикатов из растительного сырья // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 10. – С. 105–112.
3. Фединашина Е.Ю., Елисеева С.А. Исследование параметров обработки растительного и животного сырья с применением высокотехнологичного оборудования // Между-

нар. науч.-исследоват. журн. – 2016. – № 4 (45), Ч. 2. – С. 51–53.

4. Смоленцева А.А., Овсянникова Н.А. Совершенствование технологии кулинарной продукции из круп для социальной сферы // Инновационные технологии в промышленности – основа повышения качества, конкурентоспособности и безопасности потребительских товаров: мат-лы III Междунар. (заоч.) науч.-практ. конф. – М., 2016. – С. 373–378.
5. Москвичева Е.В., Барсукова Н.В., Узрюмов И.В. [и др.]. Современные технологии при изготовлении продукции из мяса птицы // Мясная индустрия. – 2017. – № 7. – С. 34–37.
6. Kiyoung Jeong, Hyeonbin O., So Yeon Shin, Young-Soon Kim Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham // Meat Science. – 2018. – Vol. 143. – P. 1–7.
7. Tomas Lafarga, Gloria Bobo, Inmaculada Vinas, Lorena Zudaire, Ingrid Aguilo-Aguayo Steaming and sous-vide: Effects on antioxidant activity, vitamin C, and total phenolic content of Brassica vegetables // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2018. – Vol. 13. – P. 134–139.

Literatura

1. Douglas E. Baldwin Sous vide cooking: A review // International Journal of Gastronomy

- and Food Science. – 2012. – №1 (1). – P. 15–30.
2. *Dril' A.A.* Issledovanie vlijanija tehnologii vakuumirovanija na kachestvo polufabrikatov iz rastitel'nogo syr'ja // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 10. – S. 105–112.
 3. *Fedinishina E.Ju., Eliseeva S.A.* Issledovanie parametrov obrabotki rastitel'nogo i zhivotnogo syr'ja s primeneniem vysokotehnologichnogo oborudovanija // Mezhdunar. nauch.-issledovat. zhurn. – 2016. – № 4 (45), Ch. 2. – S. 51–53.
 4. *Smolenceva A.A., Ovsjannikova N.A.* Sovershenstvovanie tehnologii kulinarnoj produkcii iz krup dlja social'noj sfery // Innovacionnye tehnologii v promyshlennosti – osnova povyshenija kachestva, konkurentosposobnosti i bezopasnosti potrebitel'skih tovarov: mat-ly III Mezhdunar. (zaoch.) nauch.-prakt. konf. – M., 2016. – S. 373–378.
 5. *Moskvicheva E.V., Barsukova N.V., Ugrjumov I.V.* [i dr.]. Sovremennye tehnologii pri izgotovlenii produkcii iz mjasa pticy // Mjasnaja industrija. – 2017. – № 7. – S. 34–37.
 6. *Kiyoung Jeong, Hyeonbin O., So Yeon Shin, Young-Soon Kim* Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham // Meat Science. – 2018. – Vol. 143. – P. 1–7.
 7. *Tomas Lafarga, Gloria Bobo, Inmaculada Vinas, Lorena Zudaire, Ingrid Aguilo-Aguayo* Steaming and sous-vide: Effects on antioxidant activity, vitamin C, and total phenolic content of Brassica vegetables // International Journal of Gastronomy and Food Science. – 2018. – Vol. 13. – P. 134–139.

