

Комплексная оценка различных способов подготовки очищенного картофеля к вакуумной упаковке

Мальцев Станислав Владимирович

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Адрес: 140051, Московская область, Люберецкий район,
п. Красково, ул. Лорха, д. 23, литера «В»

E-mail: stanmalcev@yandex.ru

Андрианов Сергей Владимирович

ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха».

Адрес: 140051, Московская область, Люберецкий район,
п. Красково, ул. Лорха, д. 23, литера «В»

E-mail: and-585@yandex.ru

Илюхина Наталья Викторовна

ФГБНУ Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН

Адрес: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, д. 26

E-mail: inv63@mail.ru

Колоколова Анастасия Юрьевна

Всероссийский научно-исследовательский институт
технологии консервирования – филиал ФГБНУ

Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН

Адрес: 142703, Московская область, г. Видное, ул. Школьная, д. 78

E-mail: aykolokolova@yandex.ru

Горячева Елена Давидовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: goryachevaed@mgurp.ru

Крюкова Елизавета Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: kryukovaev@mgurp.ru

В статье отражены результаты впервые проведенного всестороннего изучения различных способов подготовки очищенного картофеля к вакуумированию, в том числе с учётом микробиологических показателей. Исследования проводились в 2015-2018 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, Люберецкий район). В четырех однофакторных лабораторных опытах изучали: 1. Глубину среза при ножевой очистке клубней (варианты: А) $1 \div 2$ мм, Б) $3 \div 4$ мм); 2. Вид упакованного продукта. Варианты: А) целые клубни, Б) ломтики, В) брусочки); 3. Способ подготовки сырья. Варианты: А) просушивание, Б) консервант, В) термообработка; 4. Температура хранения вакуумированного картофеля. Варианты: А) $2 \div 3$ °С, Б) $5 \div 6$ °С, В) $18 \div 20$ °С. Качество полуфабриката по показателям устойчивости мякоти к потемнению и сохранности тургора клубней, а также качество конечного продукта после варки определяли через 5, 10, 15 и 20 суток после вакуумирования при переработке в сентябре месяце. Оценка качества проводили по 9-балльной шкале согласно методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. В результате исследований установлено: 1. Глубина среза ($1 \div 2$ мм или $3 \div 4$ мм) при ножевой очистке клубней не оказывала существенного влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке. Более высокая

устойчивость мякоти к потемнению и сохранение тургора отмечены при вакуумировании картофеля в виде целых клубней, менее – в виде ломтиков и брусочков (на 2,0 ÷ 2,5 балла). 2. Предварительное просушивание клубней способствовало улучшению потребительских показателей вакуумированного картофеля. 3. Применение консерванта пиросульфита натрия в концентрациях 1 ÷ 2 % повышало устойчивость клубней к потемнению на 0,5 ÷ 1,5 балла. Однако имело и негативные последствия – снижение тургора клубней, увеличение их обводненности, появление кислого запаха при вскрытии пакета, а после варки на поверхности клубней часто наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию. 4. При хранении до 15 суток термообработка вакуумированного картофеля не требуется. Приемлемым был также вариант варки клубней в течение 30 мин как до, так и после вакуумирования. При этом конечный продукт получался высокого качества, но имел менее презентабельный товарный вид. 5. Чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. 6. При хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило (с 19,7 до 18,5 и с 29,0 до 28,2 мг% в зависимости от сорта). Содержание нитратов за 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось на 15 ÷ 28 % в зависимости от сорта.

Ключевые слова: картофель, вакуумная упаковка, пиросульфит натрия, термическая обработка, микробиологические анализы, биохимические показатели клубней

Введение

По мере развития предприятий общественного питания, ресторанов, фастфуда и в целом ускорения ритма жизни, люди в развитых странах все чаще питаются вне дома. Производители общепита при этом должны успевать приготавливать пищу за короткий промежуток времени. Часто они вынуждены подготавливать продукты (чистить и резать) за сутки до подачи их потребителю, что сопряжено со значительными потерями растворимых и быстрораспадающихся питательных веществ (Мальцев & Пшеченков, 2010; Мальцев, 2018). Такие продукты, представленные конечному потребителю в очищенном (и как вариант порезанном соответствующим образом) виде, готовые для приготовления, составляют новую категорию, именуемую «минимально переработанные» (в англоязычной литературе «minimally processed products» или «MP-products»). Другие термины, относящиеся к подобной продукции – «легко переработанные», «частично переработанные», «свежепереработанные» и «предподготовленные» (Laurila, Hurme, & Ahvenainen, 1998). Чтобы удовлетворять требованиям потребителя «минимально переработанные» продукты должны иметь свежий внешний вид, сохранять качество при хранении и не иметь дефектов. Механические повреждения продукции на разных этапах ее приготовления увеличивают интенсивность биохимических реакций (нарушение компартментализации клеток позволяет субстратам и ферментам прийти в соприкосновение (Brecht, 1995), обуславливающих изменения в цвете (в том

числе потемнение мякоти в связи с образованием меланина), запахе, текстуре и составе питательных веществ (уменьшение содержания витаминов) (Ионова & Бруев, 1983а; Ионова & Бруев, 1983б). Предотвратить ферментативные реакции можно следующими способами: термической обработкой, в результате которой белковый носитель свертывается, что приводит к инактивации ферментов; применением веществ (ингибиторов), образующих комплексы с хинонами перед их полимеризацией; связыванием ионов тяжелых металлов. В качестве ингибиторов ферментативных реакций наиболее часто применяются сернистые соединения (бисульфит и пиросульфит натрия)^{1,2}, аскорбиновая, лимонная и другие кислоты (Ионова & Бруев, 1982). Однако применение консервантов имеет свои недостатки. Например, в Ирландии из трех наиболее распространенных для этих целей сортов – Maris Piper, Fontane и Rooster, первые два при обработке бисульфитом натрия (2,0 %) наиболее проблематичны в отношении образования на поверхности клубней твердой оболочки. К тому же необходимо учитывать, что в России, из экологических соображений, картофель в вакуумной упаковке, обработанный консервантом, не разрешен для детского и диетического питания.

В этой связи использование вакуумной упаковки без консервантов и при соответствующих методах подготовки сырья представляют многообещающую альтернативу химическому методу обработки для поддержания качества «минимально переработанного» картофеля (Мальцев, 2017).

¹ Шевченко, В. А. (2002). *Технология производства продукции растениеводства: Учебное пособие для вузов*. М.: Агроконсалт.

² Шевченко, В. В. (2013) *Товароведение и экспертиза потребительских товаров: Учебник*. (2-е изд.). М.: ИНФРА-М.

Истоки хранения пищевых продуктов в контролируемой (модифицированной) атмосфере и вакууме обычно относят к работам Кидда и Веста в начале XX века. Вакуумная упаковка в настоящее время широко применяется для продления срока хранения и качества продуктов переработки овощей. Ее использование предотвращает протекание окислительных реакций и развитие аэробных микроорганизмов, которые в основном приводят к ухудшению качества пищевых продуктов при хранении (Brody, 1989; Gorris & Peppelenbos, 1992).

Кроме того, вакуумная упаковка способна защитить продукт и от обезвоживания. По данным Козловой Л.Н. в такой упаковке очищенный картофель, цельный или в нарезке, может храниться при средней температуре +6 °C, не теряя своих вкусовых свойств и качеств до 5 дней (по отдельным вариантам до 14 дней) (Козлова, Маханько, Незаконова, & Пискун, 2016). В этой связи очищенный картофель, готовый к термообработке, пользуется все большей популярностью среди конечных потребителей. Ведь это позволяет экономить не только время, но зачастую и деньги. Потребитель при покупке застрахован от приобретения несвежего, некачественного картофеля, поскольку полностью видит товар. Кроме того, данный подход позволяет избавить население от ручной домашней чистки. Картофель в вакууме можно поставлять на предприятия школьного питания, в больницы и другие учреждения, где потребляется много овощей. Он нужен кафе, ресторанам и другим заведениям общественного питания, где продукты хранятся в основном в виде полуфабрикатов для ускорения приготовления блюд. Также это выгодно с точки зрения экономики рабочих рук и финансов.

Преимущества вакуумной упаковки: увеличение срока хранения очищенного картофеля до 14 суток; сохранение внешнего вида продукта; упрощение соблюдения требований к товарному соседству при хранении и транспортировке; прозрачность упаковки гарантирует качество продукта; экономия на площадях складских помещений и на транспортировке готовой продукции за счет меньшего объема и веса готовой продукции.

Упакованный под вакуумом картофель сегодня является высокорентабельным и востребованным продуктом. В сетевых супермаркетах партия вакуумированного картофеля не задерживается более чем на 3 ÷ 4 дня.

За рубежом многие исследователи изучали пищевые качества картофеля в процессе хранения

(Holland, 1993) и пригодность картофеля к варке (Wills & Suthilucksanavanish, 1991) и пришли к выводу, что генетические факторы и свежесть клубней имеют решающее значение (Ruzaikė, Muizniece-Brasava, & Dukalska, 2014).

В опытах M. Hagg (Hagg, Häkkinen, Kumpulainen, Ahvenainen, & Hurme, 1998) и J. Wyka (Wyka, Tajner-Czopek, Godyla, Witek, & Wilczek, 2017) изучалось влияние подготовки и условий хранения картофеля в вакуумной упаковке на обмен веществ в очищенных клубнях (сорта Bintje, Van Gogh и Nicola). Было установлено, что содержание витамина «С» при варке снижалось в среднем по сортам на 30 %.

Ирландские исследователи (Chassery & Gormley, 1994) также пришли к выводу, что вакуумная упаковка очищенного картофеля – хороший способ увеличить его срок хранения. Их исследования проводились на базе Национального продовольственного центра (Дублин, Ирландия), изучалось качество различных сортов картофеля (Pentland Dell, Rooster, Record, Maris Piper) в вакуумной упаковке в зависимости от срока хранения. Исследования выявили значительные сортовые различия картофеля по показателю устойчивости к потемнению в вакуумной упаковке (сорта Rooster и Maris Piper темнели через 21 день существенно меньше, чем Pentland Dell и Record). Обработка клубней пиросульфитом натрия существенно улучшала показатели цвета по всем сортам. Аналогичные результаты были получены в исследованиях на базе Загребского университета (Hunjek, Pranjić, Repajić, & Levaj, 2020; Hunjek et al., 2020).

Картофель и овощи можно вакуумировать не только в свежем очищенном виде, но и после варки, как это делается, например, фирмой «Дмитровские овощи» и срок хранения такого картофеля составляет до 6 месяцев.

В исследованиях Jensen K. (Jensen, Petersen, Poll, & Brockhoff, 1999), проведенных на базе Королевского университета ветеринарии и сельского хозяйства (Дания) (The royal veterinary and agricultural university, Denmark) изучалось влияние сорта и условий выращивания на вкус вареного картофеля в вакуумной упаковке. Автор указывает, что картофель после варки постепенно приобретает привкус, который можно описать как «картонный». Это серьезная проблема для предприятий общественного питания, где вареный картофель в вакуумной упаковке широко распространен. Известно уже на протяжении нескольких десятилетий, что небольшая

фракция жира в клубнях может быть причиной окислительного процесса, приводящего к возникновению такого неблагоприятного привкуса в сушеных картофелепродуктах (Pineli, Moretti, Almeida, Onuki, & Nascimento, 2005).

Предварительно обваренный вакуумированный картофель широко используется на предприятиях общепита. В работе Thybo A.K., Martens H.J., Lyshede O.B. (Thybo, Martens, & Lyshede, 1998) было установлено, что текстурные свойства сваренного на пару вакуумированного картофеля ухудшались с увеличением времени варки, однако на контрольном варианте (варка картофеля на воде) это происходило еще быстрее. Дополнительное масло при обжаривании картофеля, хранившегося в вакуумной упаковке, не требуется (Balbino et al., 2020).

В современной практике столовые сорта картофеля принято подразделять на следующие типы: картофель типа «А» предназначен в основном для приготовления салатов; типа «В» (столовый со связной мякотью) – для поджаривания и переработки; типа «С» (столовый с рассыпчатой мякотью) – для большинства блюд; типа «D» (столовый с очень рассыпчатой мякотью) – для пюре. На основании такой оценки в каталоге сорта указывается тип столового картофеля при варке, например, «А»; «В»; «АВ»; «ВС» и т.д. До настоящего времени не совсем ясно, продолжает ли соответствовать данной классификации вареный картофель после хранения в вакуумной упаковке (Rocha, Coulon, & Morais, 2003). Актуальным остается вопрос выбора оптимальных способов подготовки сырья – в виде целых клубней, ломтиков или брусочков? Эффективна ли термическая обработка клубней – до или после вакуумирования клубней ее проводить и в течение скольких минут? Насколько целесообразно применение консерванта? Как влияет температура на возможный срок хранения картофеля в вакуумной упаковке и как это сказывается на развитии микробиоты?

Цель исследований – определить влияние различных способов подготовки очищенного картофеля

к вакуумной упаковке на качественные показатели конечного продукта.

Материалы и методы исследований

Картофель для вакуумной упаковки выращивали в 2015-2018 гг. на экспериментальной базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха» (Московская область, Люберецкий район, дерново-подзолистая супесчаная почва) на одинаковом фоне минерального питания с дозой удобрений $N_{60}P_{60}K_{120}$ при локальном внесении во время нарезки гребней перед посадкой.

В четырех однофакторных лабораторных опытах изучали:

1. Глубину среза при ножевой очистке клубней. Варианты: А) $1 \div 2$ мм, Б) $3 \div 4$ мм.
2. Вид упакованного продукта. Варианты: А) целые клубни, Б) ломтики, В) брусочки).
3. Способ подготовки сырья. Варианты: А) просушивание в течение 5 с с использованием бумажного полотенца, Б) консервант пиросульфит натрия в концентрациях 1,0; 1,5 и 2,0 %, В) термообработка при 100°C в течение 20 с (бланширование) и 30 мин (варка до полной готовности).
4. Температура хранения вакуумированного картофеля. Варианты: А) $2 \div 3^\circ\text{C}$, Б) $5 \div 6^\circ\text{C}$, В) $18 \div 20^\circ\text{C}$.

Для проведения лабораторных анализов по указанным вариантам исследований использовали вакуумированный картофель массой 2 кг в трехкратной повторности. Качество картофеля оценивали через 5, 10, 15 и 20 суток после вакуумирования. Оценку качества проводили по 9-балльной шкале согласно методическим указаниям по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению³ (Пшеченков и др., 2008). Определение содержания витамина «С» титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89⁴; нитратов – по ГОСТ 29270-95⁵. Микробиологические показатели по ГОСТ 10444.15-94⁶; 31747-2012⁷; 31659-2012⁸; 1044.12-2013⁹; ГОСТ

³ Пшеченков, К. А., Давыденкова, О. Н., Седова, В. И., Мальцев, С. В., & Чулков, Б. А. (2008). *Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению*. М.: ВНИИКС.

⁴ ГОСТ 24556-89. (2003). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С*. М.: Стандартинформ.

⁵ ГОСТ 29270-95. (2010). *Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов*. М.: Стандартинформ.

⁶ ГОСТ 10444.15-94. (2010). *Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов*. М.: Стандартинформ.

⁷ ГОСТ 31747-2012 (2013). *Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)*. М.: Стандартинформ.

⁸ ГОСТ 31659-2012. (2014). *Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода Salmonella*. М.: Стандартинформ.

⁹ ГОСТ 1044.12-2013. (2014). *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов*. М.: Стандартинформ.

30425–97¹⁰; 29185–2014¹¹. Обработку очищенных клубней пиросульфитом натрия в концентрациях 1,0, 1,5 и 2,0 % проводили в течение 2 мин перед вакуумированием. В исследованиях по влиянию сульфитирования использовались сорта картофеля Жуковский ранний, Леди Клэр (ранние) и Красавчик (среднеранний). При изучении термообработки сырых очищенных клубней проводили их бланширование (в течение 20 с); варку до полной готовности (в течение 30 мин) в вариантах осуществления как до, так и после упаковки клубней в вакуумные пакеты. Хранили термически обработанные вакуумированные клубни среднераннего сорта Гала в течение 20 суток в холодильнике при температуре $3 \div 4$ °С с последующей варкой до полной готовности и определением потребительских показателей в сравнении с контролем (варёный картофель из клубней без вакуумирования). С целью определения влияния температуры хранения вакуумированного картофеля на возможный срок его хранения эксперименты проводились с сортом Гала при хранении в широком диапазоне температур – от 2 до 20 °С. Для классификации вакуумированного картофеля на категории: для салата, жарки, пюре (т.е. соответствия общепринятым типам А, В, С, D) использовали сорта Импала, Удача, Ред Скарлетт (ранние), Брянский деликатес (среднеранний), Аврора (среднеспелый), Голубизна (среднепоздний). Математическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову¹² с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки к Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Глубина ножевой очистки клубней и вид упакованного продукта

В исследованиях глубины среза при ножевой очистке клубней (в вариантах $1 \div 2$ и $3 \div 4$ мм) существенного ее влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке не выявлено.

Установлено, что картофель, вакуумированный в виде ломтиков и брусочков, по сравнению с целыми клубнями, проявлял значительно большую склонность к потемнению из-за увеличения удельной поверхности срезов, что приводило к нарушению компартиментализации большего числа

клеток, а следовательно, и к более интенсивному (на $2,0 \div 2,5$ балла по девятибалльной шкале) ферментативному потемнению мякоти. Кроме того, картофель в виде ломтиков и брусочков при хранении в вакуумной упаковке гораздо быстрее и интенсивнее терял тургор. Это объясняется неравномерностью распределения крахмала в клубнях – в камбии и внешней части сердцевинны содержание крахмала максимально, а в сердцевине ниже (разница может достигать $4 \div 6$ %). Поэтому при глубине очистки товарных клубней до $3 \div 4$ мм не происходило оголения тканей с более высоким содержанием воды, а при резке клубней на ломтики и брусочки, напротив, такие ткани (в первую очередь сердцевина клубня) оголялись, вода из них в условиях вакуумной упаковки постепенно выходила и пакет обводнялся.

Данная тенденция отмечена для картофеля вне зависимости от условий выращивания (сорт, тип почвы, фон питания).

Способ подготовки сырья

Просушивание клубней. Установлено, что предварительное просушивание клубней перед вакуумированием способствовало улучшению потребительских показателей клубней при длительном хранении в вакуумной упаковке (тургор клубней в пакете сохранялся несколько лучше, чем при закладке влажных клубней). В то же время, по нашим наблюдениям, в случае соблюдения условий, обеспечивающих равномерное стекание избыточной воды с поверхности клубней (на стадии от их промывки после очистки до упаковки), качество продукта в вакуумной упаковке существенно не ухудшалось. Что важно для высокопроизводительного промышленного производства.

Применение консерванта. По результатам проведенных нами исследований на сортах картофеля различного срока созревания, обработка 1% пиросульфитом натрия очищенных клубней перед вакуумированием хоть и повышала устойчивость клубней к потемнению (на $0,5 \div 1,5$ балла в зависимости от сорта), но одновременно с этим приводила и к снижению тургора клубней, их обводненности, кислому запаху при вскрытии пакета, а после варки на поверхности таких клубней часто наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию (Рисунок 1).

¹⁰ ГОСТ 30425–97. (2011). Консервы. Метод определения промышленной стерильности. М.: Стандартинформ.

¹¹ ГОСТ 29185–2014. (2015). Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета сульфитредуцирующих бактерий, растущих в анаэробных условиях. М.: Стандартинформ.

¹² Доспехов, Б. А. (1985). *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)* (5-е изд., доп.). М.: Агропромиздат.

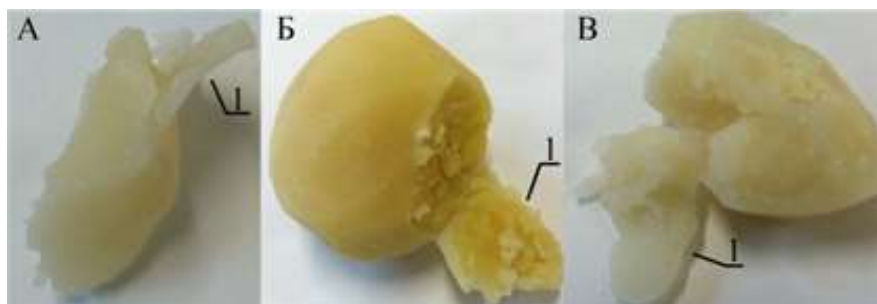


Рисунок 1. Плотная оболочка (1), образующаяся на поверхности вареных клубней на 15 день после вакуумирования с предварительной обработкой %1 пиросульфитом натрия. Сорта: А – Жуковский ранний; Б – Леди Клэр; В – Красавчик

В экспериментах с еще более высокими концентрациями пиросульфита натрия (1,5 и 2,0 %) подобные негативные эффекты проявлялись еще заметнее.

Термообработка сырых очищенных клубней. В результате экспериментов установлено:

Варёный картофель, приготовленный из клубней, хранившихся в вакуумной упаковке, по потребительским показателям не уступал контролю (без применения вакуумирования).

Бланширование клубней в течение 20 с с последующим их вакуумированием, хранением в течение 20 суток и довариванием приводило к образованию на их поверхности тонкой пленки, вкус был от нормального до «с кислинкой». Кроме того такой вид термообработки способствовал проявлению темных пятен в районе глазков.

Вакуумирование клубней с последующим бланшированием в пакете в течение 20 с, хранением в течение 20 суток и довариванием способствовало образованию толстой пленки на поверхности клубней и наличию «кислотного привкуса».

Вакуумирование клубней, их варка в пакете в течение 30 мин с последующим хранением их в течение 20 суток в вакуумной упаковке обеспечивало после разогрева в микроволновой печи нормальный вкус картофеля.

Варка клубней в течение 30 мин с последующим вакуумированием и хранением их в течение 20 суток в вакуумной упаковке после разогрева в микроволновой печи обеспечивала получение нормального рассыпчатого картофеля со вкусовыми качествами выше, чем в других вариантах исследования. Однако товарный вид такого картофеля был менее при-

влекательным, поскольку при вакуумировании уже вареных клубней происходило их сдавливание, деформация и при вскрытии такого пакета вареные клубни смотрелись неестественно.

Таким образом, наиболее высокие показатели качества конечного продукта были получены в вариантах 4, 1 и 5.

Кроме того, необходимо отметить, что клубни во всех вариантах термообработки как с варкой до вакуумирования, так и после нее при вскрытии пакета через 20 суток хранения при $4 \div 3^\circ\text{C}$ отличались повышенной влажностью.

По-нашему мнению, на потребительские качества вареного картофеля (текстуру) в вакуумной упаковке, помимо изученных факторов (сорт, условия выращивания и хранения), существенное влияние может оказывать также тип упаковочной пленки (ее толщина, количество и чередование полиамидно/полиэтиленовых слоев) и режимы самого процесса вакуумации клубней (продолжительность работы насоса и развиваемое при этом отрицательное давление в барах). Однако исследование данных параметров в задачи исследований не входило.

Температура хранения вакуумированного картофеля

Установлено, что чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. Так, при температуре $2 \div 3^\circ\text{C}$ потребительские показатели вакуумированного картофеля сорта Гала сохранялись на высоком уровне в течение $15 \div 20$ суток и продукт соответствовал требованиям Технического регламента Таможенного Союза¹³.

¹³ ТР ТС 021/2011. (2011). О безопасности пищевой продукции.

При последующей варке картофель не отличался существенно от контрольного образца ни по вкусу, ни по консистенции, ни по развариваемости. По результатам микробиологических анализов через 20 суток хранения картофеля в вакуумной упаковке патогенные микроорганизмы рода *Salmonella*, а также сульфитредуцирующие клостридии обнаружены не были. Тем не менее, отмечался существенный рост по некоторым микробиологическим показателям (мезофильные аэробные, факультативно-анаэробные и молочнокислые микроорганизмы, в отдельных образцах обнаруживались колиформные бактерии), Таблица 1. Поэтому дальнейшие исследования, по нашему мнению, должны быть направлены на поиск путей экологически безопасных методов антимикробной обработки сырья, так как сама по себе длительная сохранность высоких потребительских показателей данного продукта не гарантирует отсутствие развития вредной микробиоты.

При более высоких температурах хранения ($5 \div 6$ °C) картофель с высокими потребительскими

показателями по данному сорту удавалось получить при хранении в течение не более $10 \div 15$ суток, а при комнатной температуре $18 \div 20$ °C качество картофеля резко ухудшалось уже через $2 \div 3$ суток.

Потребительские и биохимические показатели картофеля после хранения в вакуумной упаковке

В сравнении с контролем (свежесваренные клубни), вареный картофель после $15 \div 10$ дневного хранения в вакуумной упаковке в холодильнике при $3 \div 2$ °C по показателям вкуса, консистенции, рассыпчатости, влажности мякоти почти не отличался. Однако, аромат вареного вакуумированного картофеля был выражен, как правило, несколько слабее и иногда на поверхности клубней отмечалась тонкая пленка.

Изученные сорта по показателю пригодности к варке через 10 суток после вакуумирования были классифицированы следующим образом: Импала –

Таблица 1

Заключение микробиологических исследований продукции (по данным «ВНИИТеК» – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

Наименование микробиологического показателя	Период хранения, сутки			
	0	5	15	20
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г не более 1×10^5 (ГОСТ 10444.15–94)	$7,8 \times 10^2$	$8,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^6$	$4,2 \times 10^6$
БГКП (колиформные бактерии) в 0,1 г продукта не допускается (ГОСТ 31747–2012)	Не обнаружены	Не обнаружены	Обнаружены	Обнаружены
Патогенные микроорганизмы рода <i>Salmonella</i> в 25 г продукта не допускается (ГОСТ 31659–2012)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены
Дрожжи, не более 500 КОЕ/г (ГОСТ 1044.12–2013)	$3,0 \times 10^1$	$7,0 \times 10^1$	$8,0 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
Плесневые грибы, не более 500 КОЕ/г (ГОСТ 1044.12–2013)	$4,8 \times 10^1$	$5,0 \times 10^1$	$8,0 \times 10^1$	$7,5 \times 10^1$
Молочнокислые микроорганизмы в 1,0 г продукта не допускается (ГОСТ 30425–97)	$2,8 \times 10^1$	$1,3 \times 10^1$	$5,8 \times 10^3$	$2,7 \times 10^5$
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,1 г не допускается (ГОСТ 29185–2014)	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены	Не обнаружены

«А», Удача – «АВ», Ред Скарлетт – «АВ», Брянский деликатес – «ВС», Аврора – «ВС», Голубизна – «Д», что в целом соответствовало их классификации при оценке свежеприготовленного продукта (т.е. без вакуумирования).

Оценка биохимических показателей клубней в послеуборочный период (сентябрь) показала, что при хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило, например, по сортам Леди Клэр и Гала его содержание до вакуумирования составляло 19,7 и 29,0 мг%, а через 15 суток после хранения в вакуумной упаковке соответственно 18,5 и 28,2 мг% (НСР₀₅ 1,5 мг%).

Содержание нитратов по данным сортам в течение 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось - по сорту Леди Клэр со 113 до 82, а по сорту Гала со 130 до 112 мг/кг (до очистки клубней оно было выше на 25 ÷ 20 %, а после варки в результате десорбции, напротив, ниже на 40 ÷ 30 %, НСР₀₅ 20 мг/кг). ПДК по нитратам для картофеля составляет 250 мг/кг.

В целом, результаты исследований согласуются с данными, полученными зарубежными учёными. Например, в работе китайских исследователей (Xu et al., 2020) также даётся высокая оценка методу сохранения биохимических и потребительских показателей очищенных клубней путём их вакуумирования и применения различных консервантов и термообработки.

Выводы

1. Глубина среза (1 ÷ 2 или 3 ÷ 4 мм) при ножевой очистке клубней не оказывала существенного влияния на качество картофеля в вакуумной упаковке. Более высокая устойчивость мякоти к потемнению и сохранение тургора отмечены при вакуумировании картофеля в виде целых клубней, менее – в виде ломтиков и брусочков (на 2,0 ÷ 2,5 балла).
2. Предварительное просушивание клубней способствовало улучшению потребительских показателей вакуумированного картофеля.
3. Применение консерванта пиросульфита натрия в концентрациях 2 ÷ 1 % повышало устойчивость клубней к потемнению на 1,5 ÷ 0,5 балла. Однако имело и негативные последствия - снижение тургора клубней, увеличение их обводненности, появление кислого запаха при вскрытии пакета, а после варки на поверхности клубней часто

наблюдалась плотная оболочка, серьезно ухудшающая их вкус и консистенцию.

4. При хранении до 15 суток термообработка вакуумированного картофеля не требуется. Приемлемым был также вариант варки клубней в течение 30 мин как до, так и после вакуумирования. При этом конечный продукт получался высокого качества, но имел менее презентабельный товарный вид.
5. Чем ниже температура хранения, тем выше устойчивость мякоти клубней к потемнению, выше сохранность их тургора и в целом продолжительнее максимальный срок хранения. Через 20 суток хранения в вакуумной упаковке при температуре 3 ÷ 2 °С не было выявлено патогенных микроорганизмов рода *Salmonella* или сульфитредуцирующих клостридий, но отмечался существенный рост по некоторым микробиологическим показателям (мезофильные аэробные 10 × 4,8⁶ КОЕ/г, факультативно-анаэробные 10 × 3,6⁶ КОЕ/г и молочнокислые микроорганизмы 10 × 2,5⁵ в 1,0 г продукта, в отдельных образцах обнаруживались колиформные бактерии).
6. При хранении картофеля в вакуумной упаковке существенного снижения витамина «С» не происходило (с 19,7 до 18,5 и с 29,0 до 28,2 мг% в зависимости от сорта). Содержание нитратов за 15 суток хранения в вакуумной упаковке снижалось на 28 ÷ 15 % в зависимости от сорта.

Литература

- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1982). Продление сроков хранения очищенного картофеля. *Консервная и овощесушильная промышленность*, 7, 19–20.
- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1983а). Изменение качества очищенного картофеля при хранении. В *Хранение плодовоовощной продукции и картофеля: Сборник научных трудов ВАСХНИЛ* (с. 67–73). М.: ВАСХНИЛ.
- Ионова, А. М., & Бруев, П. С. (1983б). Об исследовании сохранности качества картофеля в очищенном от кожицы виде. В *Товароведение пищевых продуктов: Межвузовский сборник научных трудов* (с. 92–101). М.: ВАСХНИЛ.
- Козлова, Л. Н., Маханько, В. Л., Незаконова, Л. В., & Пискун, Г. И. (2016). Белорусские сорта картофеля, пригодные для вакуумирования. *Белорусское сельское хозяйство*, 3, 60–63.
- Мальцев, С. В. (2017). Хранение свежего очищенного картофеля в вакуумной упаковке. *Защита картофеля*, 1, 3–8.

- Мальцев, С. В. (2018). Пригодность очищенного картофеля к вакуумной упаковке и быстрой заморозке. *Картофель и овощи*, 4, 27–30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.4.17627>
- Мальцев, С. В., & Пшеченков, К. А. (2010). Сорта для получения картофеля быстрозамороженного и в вакуумной упаковке. *Картофель и овощи*, 8, 7.
- Balbino, S., Repajić, M., Solaric, T., Hunjek, D. D., Skevin, D., Kraljic, K., Obranovic, M., & Levaj, B. (2020). Oil uptake and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fried fresh-cut potato: Effect of cultivar, anti-browning treatment and storage conditions. *Agronomy*, 10(11), 1773. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111773>
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30(1), 18–22.
- Brody, A. (1989). Introduction. In *Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods* (pp. 1–16). Trumbull: Food and Nutrition Press, Inc.
- Chassery, S., & Gormley, T. R. (1994). Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes. *Farm and Food*, 4(2), 30–32.
- Gorris, L. G. M., & Peppelenbos, H. W. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, 2, 303–309. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.2.3.303>
- Hägg, M., Häkkinen, U., Kumpulainen, J., Ahvenainen, R., & Hurme, E. (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4), 519–526. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199808\)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199808)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C)
- Holland, B. (1993). *McCance and Widdowson's. The composition of Foods*. (5th ed.). London: Royal Society of Chemistry and MAFF.
- Hunjek, D. D., Pranjic, T., Repajić, M., & Levaj, B. (2020a). Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science*, 85(8), 2296–2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15353>
- Hunjek, D. D., Repajić, M., Ščetar, M., Karlović, S., Vahčić, N., Ježek, D., Galić, K., & Levaj, B. (2020). Effect of anti-browning agents and package atmosphere on the quality and sensory of fresh-cut Birgit and Lady Claire potato during storage at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), e14391. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14391>
- Jensen, K., Petersen, M. A., Poll, L., & Brockhoff, P. B. (1999). Influence of variety and growing location on the development of off-flavor in precooked vacuum-packed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1145–1149. <https://doi.org/10.1021/jf9807115>
- Laurila, E. K., Hurme, E. U., & Ahvenainen, R. J. (1998). Shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties. *Journal of Food Protection*, 61(10), 1363–1371. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.10.1363>
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Onuki, A. C. A., & Nascimento, A. B. G. (2005). Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40(10), 1035–1041. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005001000013>
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., & Morais, A. M. B. (2003). Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3(2), 81–88. <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2003.00068.x>
- Ruzaike, A., Muizniece-Brasava, S., & Dukalska, L. (2014). Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. In *Food for consumer well-being: Foodbalt: 9th Baltic Conference on Food Science and Technology* (pp. 217–222). Latvia: Latvia University of Agriculture.
- Thybo, A. K., Martens, H. J., & Lyshede, O. B., (1998). Texture and microstructure of steam cooked, vacuum packed potatoes. *Journal of Food Science*, 63(4), 692–695. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15814.x>
- Wills, R. B. H., & Suthilucksanavanish, K. (1991). Seasonal variation in vitamin C and nutrient composition of processed potato products. *Food Australia*, 43(1), 19–29.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Godyła, M., Witek, P., & Wilczek, W. (2017). Ocena zawartości witaminy c ziemniaku poddanym procesom technologicznym. *Prace Naukowe*, 494, 228–233. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.494.20>
- Xu, D., Zhou, F., Jiang, H., Jiang, A., Wei, S., Gao, X., Chen, C., & Hu, W. (2020). Effect of Vacuum Combined with Light-Proof Packaging on Quality of Fresh-Cut Potatoes. *Shipin Kexue/Food Science*, 41(13), 184–192. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190704-059>

Comprehensive Assessment of Various Methods of Peeled Potatoes Preparation for Vacuum Packaging

Stanislav V. Maltsev

*Russian Potato Research Centre named after A.G. Lorkh
23 Lorkha st., Kraskovo vil., Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation
E-mail: stanmalcev@yandex.ru*

Sergey V. Andrianov

*Russian Potato Research Centre named after A.G. Lorkh
23 Lorkha st., Kraskovo vil., Lyubertsy district, Moscow region, 140051, Russian Federation
E-mail: and-585@yandex.ru*

Natalia V. Ilyukhina

*V.M. Gorbato Federal Research, Center for Food Systems of RAS
50, st. Lipetskaya, apt. 72, Moscow, 109316, Russian Federation
E-mail: inv63@mail.ru*

Anastasia Yu. Kolokolova

*All-Russian Research Institute of canning technology - branch
of V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of RAS
5, st. 3rd Kuryanovskaya, apt. 19, Moscow, 142703, Russian Federation
E-mail: aykolokolova@yandex.ru*

Elena D. Goryacheva

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: goryachevaed@mgupp.ru*

Elizaveta V. Kryukova

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: kryukovaev@mgupp.ru*

The article presents the results of the comprehensive study of various methods of peeled potatoes preparation for vacuuming, including microbiological indicators assessment. The research were conducted in 2015-2018 at the experimental base of Russian Potato Research Centre (Moscow region, Lyuberetsky district). The objectives in four single-factor laboratory experiments were: 1. Depth of blade peeler cut. Options: A) 1-2 mm, B) 3-4 mm 2. Type of packaged product. Options: A) whole tubers, B) slices, C) bars); 3. Method of raw materials preparation. Options: A) drying, B) preservation C) heat treatment; 4. Storage temperature of vacuum-processed potatoes. Options: A) 2-3 °C, B) 5-6 °C, C) 18-20 °C. The quality of the semi-finished product in terms of the resistance of pulp to darkening and tuber turgor safety, as well as the quality of the final product after cooking was determined 5, 10, 15 and 20 days after vacuuming during processing in September. The quality assessment was carried out on a 9-point scale according to the guidelines for evaluating potato varieties for their suitability for processing and storage. As a result of research, it was found: 1. Depth of blade peeler cut (1-2 or 3-4 mm) did not affect significantly the quality of potatoes in vacuum packaging. Higher resistance of pulp to darkening and preservation of turgor were noted when vacuuming potatoes in form of whole tubers, less – in form of slices and bars (by 2.0-2.5 points). 2. Pre-drying of tubers contributed to the improvement of vacuumed potatoes consumer indicators. 3. Application of preservative sodium metabisulfite in concentrations of 1-2% increased the resistance of tubers to darkening by 0.5-1.5 points. However, there were also negative consequences - a decrease of tubers turgor, an increase of water content in tubers, the appearance of a sour

smell when opening the package, and after cooking, a dense shell was often observed on the surface of tubers, seriously impairing their taste and consistency. 4. When stored up to 15 days in vacuum package heat treatment of the potatoes is not required. It was also acceptable to cook the tubers for 30 minutes both before and after vacuuming. Such a way the final product was of high quality, but had a less presentable appearance. 5. The lower the storage temperature, the higher the resistance of the tubers' flesh to darkening, the higher the safety of their turgor and, in general, the longer the maximum storage period. 6. When storing potatoes in vacuum package, there was no significant decrease in vitamin «C» content (from 19.7 to 18.5 and from 29.0 to 28.2 mg%, depending on the variety). The content of nitrates during 15 days of storage in vacuum packaging decreased by 15-28%, depending on the variety.

Keywords: potatoes, vacuum packaging, sodium pyrosulfite, heat treatment, microbiological analyses, biochemical indicators of tubers

References

- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1982). Prodlenie srokov khraneniya ochishchennogo kartofelya [Extending the shelf life of peeled potatoes]. *Konservnaya i ovoshchesushil'naya promyshlennost'* [Canning and vegetable drying industry], 7, 19-20.
- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1983a). Izmenenie kachestva ochishchennogo kartofelya pri khranении [Quality changes of peeled potato during storage]. In *Khranenie plodoovoshchnoi produktsii i kartofelya: Sbornik nauchnykh trudov VASKhNIL* [Storage of fruits, vegetables and potatoes: Proceeding of scientific works All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin] (pp. 67-73). M.: VASKhNIL.
- Ionova, A. M., & Bruev, P. S. (1983b). Ob issledovanii sokhrannosti kachestva kartofelya v ochishchenom ot kozhitsy vide [About the study the keeping quality of peeled potatoes]. In *Tovarovedenie pishchevykh produktov: Mezhevuzovskii sbornik nauchnykh trudov* [Commodity Science of Food: Interuniversity Collection of Scientific Papers] (pp. 92-101). M.: VASKhNIL.
- Kozlova, L. N., Makhan'ko, V. L., Nezakonova, L. V., & Piskun, G. I. (2016). Belorusskie sorta kartofelya, prigodnye dlya vakuumirovaniya [Belarusian potato varieties suitable for vacuuming]. *Belorusskoe sel'skoe khozyaistvo* [Belarusian agriculture], 3, 60-63.
- Mal'tsev, S. V. (2017). Khranenie svezhego ochishchennogo kartofelya v vakuumnoi upakovke [Storage of fresh peeled potato in vacuum package]. *Zashchita kartofelya* [Potato protection], 1, 3-8.
- Mal'tsev, S. V. (2018). Prigodnost' ochishchennogo kartofelya k vakuumnoi upakovke i bystroj zamorozke [Suitability of peeled potatoes to vacuum packaging and quick freezing]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and vegetables], 4, 27-30. <https://doi.org/10.25630/PAV.2018.4.17627>
- Mal'tsev, S. V., & Pshechenkov, K. A. (2010). Sorta dlya polucheniya kartofelya bystrozamorozhennogo i v vakuumnoi upakovke [Varieties suitable for quick-frozen and vacuum-packed potatoes]. *Kartofel' i ovoshchi* [Potato and vegetables], 8, 7.
- Balbino, S., Repajić, M., Solaric, T., Hunjek, D. D., Skevin, D., Kraljic, K., Obranovic, M., & Levaj, B. (2020). Oil uptake and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in fried fresh-cut potato: Effect of cultivar, anti-browning treatment and storage conditions. *Agronomy*, 10(11), 1773. <https://doi.org/10.3390/agronomy10111773>
- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30(1), 18-22.
- Brody, A. (1989). Introduction. In: *Controlled/modified atmosphere/vacuum packaging of foods* (pp. 1-16). Trumbull: Food and Nutrition Press, Inc.
- Chassery, S., & Gormley, T. R. (1994). Quality and shelf life of pre-peeled vacuum packed potatoes. *Farm and Food*, 4(2), 30-32.
- Gorris, L. G. M., & Peppelenbos, H. W. (1992). Modified atmosphere and vacuum packaging to extend the shelf life of respiring food products. *HortTechnology*, 2, 303-309. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.2.3.303>
- Hägg, M., Häkkinen, U., Kumpulainen, J., Ahvenainen, R., & Hurme, E. (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(4), 519-526. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199808\)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199808)77:4<519::AID-JSFA75>3.0.CO;2-C)
- Holland, B. (1993). *McCance and Widdowson's. The composition of Foods*. (5th ed.). London: Royal Society of Chemistry and MAFF.
- Hunjek, D. D., Pranjić, T., Repajić, M., & Levaj, B. (2020a). Fresh-cut potato quality and sensory: Effect of cultivar, age, processing, and cooking during storage. *Journal of Food Science*, 85(8), 2296-2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15353>
- Hunjek, D. D., Repajić, M., Ščetar, M., Karlović, S., Vahčić, N., Ježek, D., Galić, K., & Levaj, B. (2020). Effect of anti-browning agents and package atmosphere on the quality and sensory of fresh-cut Birgit and Lady Claire potato during storage at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(4), e14391. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14391>
- Jensen, K., Petersen, M. A., Poll, L., & Brockhoff, P. B. (1999). Influence of variety and growing location

- on the development of off-flavor in precooked vacuum-packed potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1145-1149. <https://doi.org/10.1021/jf9807115>
- Laurila, E. K., Hurme, E. U., & Ahvenainen, R. J. (1998). Shelf life of sliced raw potatoes of various cultivar varieties. *Journal of Food Protection*, 61(10), 1363-1371. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-61.10.1363>
- Pineli, L. L. O., Moretti, C. L., Almeida, G. C., Onuki, A. C. A., & Nascimento, A. B. G. (2005). Caracterização química e física de batatas 'Ágata' minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas [Chemical and physical characterization of fresh-cut 'Ágata' potatoes packed under different active modified atmospheres]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira [Brazilian Agricultural Research]*, 40(10), 1035-1041. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005001000013>
- Rocha, A. M. C. N., Coulon, E. C., & Morais, A. M. M. B. (2003). Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3(2), 81-88. <https://doi.org/10.1046/j.1471-5740.2003.00068.x>
- Ruzaike, A., Muizniece-Brasava, S., & Dukalska, L. (2014). Packaging material and storage-induced quality changes in flexible retort pouch potatoes' produce. In *Food for consumer well-being: Foodbalt: 9th Baltic Conference on Food Science and Technology* (pp. 217-222). Latvia: Latvia University of Agriculture.
- Thybo, A. K., Martens, H. J., & Lyshede, O. B., (1998). Texture and microstructure of steam cooked, vacuum packed potatoes. *Journal of Food Science*, 63(4), 692-695. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15814.x>
- Wills, R. B. H., & Suthilucksanavanish, K. (1991). Seasonal variation in vitamin C and nutrient composition of processed potato products. *Food Australia*, 43(1), 19-29.
- Wyka, J., Tajner-Czopek, A., Godyła, M., Witek, P., & Wilczek, W. (2017). Ocena zawartości witaminy c ziemniaku poddanym procesom technologicznym [Assessment of the vitamin c content n processed potatoes]. *Prace Naukowe [Research Papers]*, 494, 228-233. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.494.20>
- Xu, D., Zhou, F., Jiang, H., Jiang, A., Wei, S., Gao, X., Chen, C., & Hu, W. (2020). Effect of Vacuum Combined with Light-Proof Packaging on Quality of Fresh-Cut Potatoes. *Shipin Kexue/Food Science*, 41(13), 184-192. <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190704-059>