

УДК 664

Поступила в редакцию 14.05.2026

Received 14.05.2026

Л. В. Евтушевская, Д. И. Гоман*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОЛУЧЕНИЯ
И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТАБЛЕТИРОВАННОГО СУХОГО
КАРТОФЕЛЬНОГО ПЮРЕ**

Аннотация. В статье представлены результаты научно-экспериментального исследования процесса получения таблетированного сухого картофельного пюре. Работа направлена на выявление корреляционной зависимости между технологическими параметрами прессования и реологическими свойствами сырья на показатели восстанавливающей способности. Особое внимание уделено кинетике восстановления (гидратации) пюре при взаимодействии с жидкой фазой; установлены критические факторы, влияющие на скорость распада таблетированной формы. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для совершенствования технологий производства пищевых концентратов быстрого приготовления и создания продуктов с высокой степенью готовности.

Ключевые слова: сухое картофельное пюре, полуфабрикат, таблетирование, прессование, восстановление.

L. V. Evtushevskaya, D. I. Goman*Republican Unitary Enterprise «Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus***STUDY OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF PRODUCTION
AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF TABLET DRY MASHED POTATOES**

Abstract. This article presents the results of a scientific and experimental study of the process of producing tableted dry mashed potatoes. The study aims to identify the correlation between pressing process parameters and the rheological properties of the raw materials on the indicators of reconstitution capacity. Particular attention is paid to the kinetics of reconstitution (hydration) of the mash upon interaction with the liquid phase; critical factors influencing the rate of disintegration of the tablet form are identified. The obtained results have high practical significance for improving the production technologies of instant food concentrates and creating products with a high degree of readiness.

Keywords: dry mashed potatoes, semi-finished product, tableting, pressing, reconstitution.

Введение. Сухое картофельное пюре прочно заняло нишу в сегменте продуктов быстрого приготовления, отвечая современному запросу на экономию времени и ресурсов. Популярность этого продукта обусловлена не только длительным сроком годности без специальных условий хранения, но и максимальной простотой восстановления органолептических свойств исходного блюда. Годовая потребность внутреннего рынка в готовой продукции и полуфабрикатах из картофеля составляет 14–15 тыс. тонн. В этом объеме доля сухого картофельного пюре равна 4,0–5,0 тыс. тонн, а остальное приходится на замороженные и обжаренные экструзионные продукты.

Традиционно на рынке представлены такие формы, как тонкодисперсный порошок или гигроскопичные хлопья, однако они обладают существенным недостатком — низкой насыпной плотностью, что увеличивает затраты на логистику и требует значительного объема упаковочных материалов. Внедрение технологии таблетирования (прессования) позволяет радикально изменить подход к продвижению продукта.

Результаты и их обсуждение. Процесс таблетирования сухого картофельного пюре требует детального анализа физико-механических свойств исходного сырья, так как именно они

определяют стабильность формовки и качественные характеристики готового концентрата. Эффективность прессования и сохранение структуры продукта после восстановления напрямую зависят от комплекса технологических параметров, среди которых ключевое значение имеют: гранулометрический состав; насыпная плотность; коэффициент уплотнения.

В качестве объекта исследований использовалось сухое картофельное пюре производства ОАО «Машпищепрод».

Для определения гранулометрического состава сухого картофельного пюре наиболее эффективным и распространенным методом является ситовый анализ.

Методика исследования заключалась в механическом разделении навески продукта массой 1 кг на фракции. Для этого использовалась каскадная колонка сит с диаметром отверстий 2,0; 1,0 и 0,45 мм, установленных в порядке убывания размера ячеек сверху вниз и снабженных поддоном для сбора самой мелкой фракции.

Анализ гранулометрического состава показал неоднородную структуру сухого картофельного пюре с явным преобладанием двух полярных фракций. Суммарно на них приходится более 70 % общей массы образца, что предопределяет специфику его поведения при сжатии.

Распределение массовых долей по фракциям выглядит следующим образом. Доминирующая фракция (2,0–1,0 мм) составляет 38,9 %. Эти частицы формируют основной объемный каркас продукта, обеспечивая его исходную пористость.

Мелкодисперсная фракция (менее 0,45 мм) занимает почти треть образца — 31,4 %. Высокое содержание тонкого порошка критически важно для процесса таблетирования: мелкие частицы выполняют роль естественного «заполнителя» межгранулярных пустот, увеличивая плотность упаковки и адгезию при прессовании.

Крупные фрагменты (более 2,0 мм) составляют 17,5 %. Их наличие указывает на присутствие в сырье агломератов, которые могут потребовать более высоких удельных давлений для разрушения и формовки монолитной таблетки.

Промежуточная фракция (1,0–0,45 мм) представлена в наименьшем количестве — всего 12,3 %.

Полученные данные позволяют оценить структурную однородность сухого картофельного пюре, что является критически важным фактором для обеспечения стабильности качественных характеристик готовых таблеток.

Ключевым технологическим параметром, определяющим поведение материала в дозирующих устройствах, является насыпная плотность. Она отражает массу единицы объема свободно насыпанного продукта и напрямую зависит от геометрии, размеров и плотности упаковки частиц. Данный показатель характеризует степень использования свободного пространства и позволяет прогнозировать объем загрузочной камеры пресса.

В рамках научно-исследовательской работы были проведены исследования по определению насыпной плотности и коэффициента уплотнения для различных фракций сухого картофельного пюре. Исследование фракционированных образцов позволило выявить способность каждой группы частиц и всего материала к сокращению объема под давлением. Результаты определения насыпной плотности и коэффициента уплотнения представлены на рисунке 1.

Исследования показали обратную зависимость: насыпная плотность растет по мере уменьшения размера частиц. Если крупные фракции (более 1 мм) характеризуются низкой плотностью упаковки, то мелкодисперсные фракции (менее 0,45 мм) демонстрируют значительно более высокие показатели.

Несмотря на двукратное различие в значениях (от 0,27 до 0,57 г/см³), все фракции классифицируются как легкие порошки, что является критическим фактором при выборе режимов таблетирования.

Коэффициент уплотнения, в свою очередь, находится в обратной зависимости от насыпной плотности: чем более рыхлее исходная структура материала, тем выше его потенциал к сокращению объема. Это обусловлено тем, что мелкие частицы способны к более плотной пространственной переупаковке, минимизируя свободный объем внутри таблетки.

Выявленные различия в насыпной плотности исходных фракций сухого картофельного пюре предопределяют характер их поведения при последующем уплотнении. Для проверки гипотезы о том, что размер частиц сырья напрямую влияет на кинетику процесса восстановления таблетированного продукта, фракции были подвергнуты прямому прессованию под давлением 20 МПа. Полученные образцы с различной внутренней структурой были оценены по степени их восстановления. Процесс регидратации осуществлялся в воде при температуре 80 °С с фиксацией изменений в интервале времени до 15 минут, что позволило установить точные количественные зависимости между дисперсностью порошка и скоростью влагопоглощения (рисунок 2).

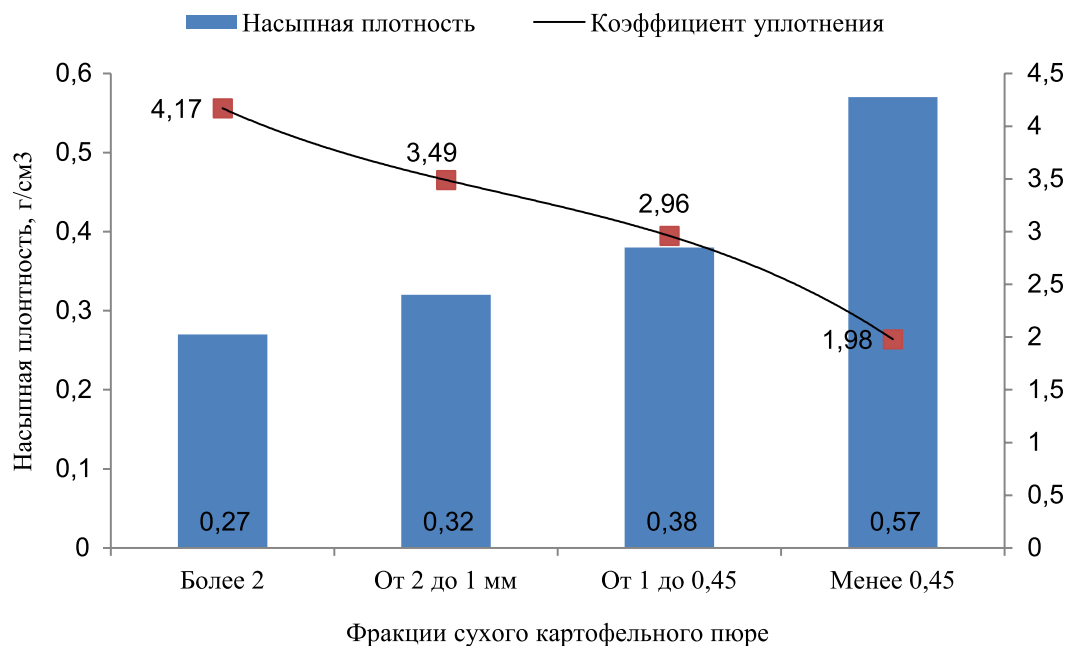


Рис. 1. Насыпная плотность и коэффициент уплотнения сухого картофельного пюре
Fig. 1. Bulk density and compaction coefficient of dry mashed potatoes

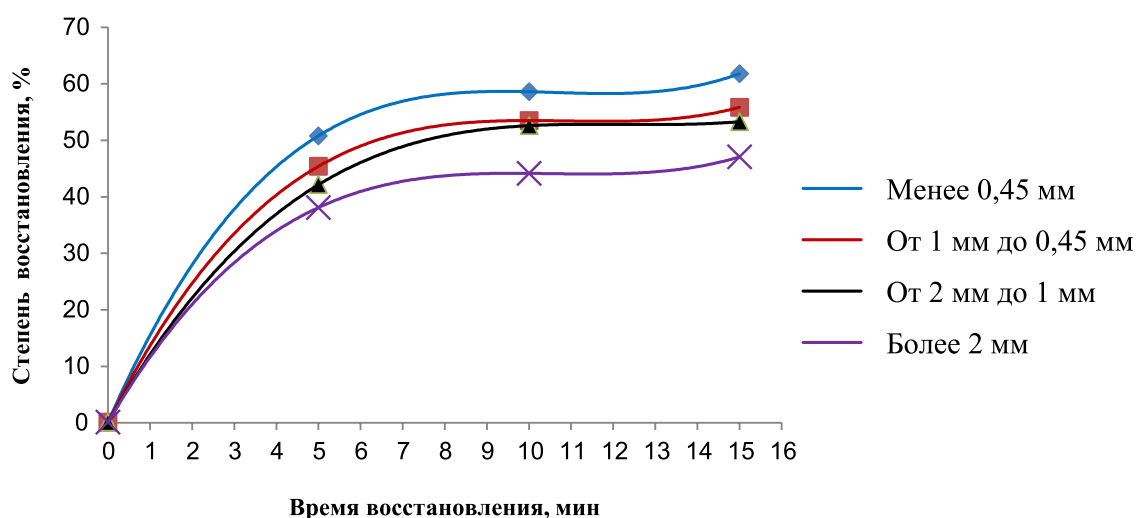


Рис. 2. Динамика процесса восстановления таблетированного продукта
Fig. 2. Dynamics of the recovery process

Анализ полученных данных показал, что максимальная скорость влагопоглощения наблюдается в начальный период эксперимента, что обусловлено высокой интенсивностью влагопоглощения поверхностными слоями полученных образцов таблетированного сухого картофельного пюре. По мере насыщения структуры образцов влагой и заполнения порового пространства темп влагопоглощения снижался.

Установлено, что дисперсность исходного сырья оказывает определяющее влияние на кинетику процесса. Наименьшую способность к влагопоглощению продемонстрировали образцы, сформированные из крупной фракции (размером более 2 мм): за 15 минут степень их восстановления составила лишь 47 %. В то же время образцы из мелкодисперсной фракции в аналогичных условиях восстановились на 62 %, что подтверждает обратную зависимость между размером частиц и скоростью поглощения влаги.

Таким образом, для интенсификации процесса восстановления и повышения качественных показателей прессованных полуфабрикатов целесообразно использовать сухое картофельное пюре с размером фракции менее 0,45 мм. Развитая удельная поверхность мелких частиц

обеспечивает высокую скорость переноса влаги и гарантирует равномерное распределение жидкой фазы по всему объему таблетки. При этом для дальнейшего сокращения времени восстановления обосновано введение в рецептуру дополнительных компонентов, активирующих процесс механического разрушения прессованных образцов в горячей водной среде.

Скорость проникновения жидкой фазы вглубь прессованного продукта и интенсивность его восстановления зависят не только от свойств сырья, но и от пространственной конфигурации самого прессованного продукта. Геометрические параметры образца определяют величину площади его контакта с водной средой и путь диффузии влаги к центральным слоям таблетки. В связи с этим следующим этапом работы стало исследование влияния геометрических характеристик прессованных образцов — в частности, варьирования соотношения их высоты и диаметра (рис. 3).

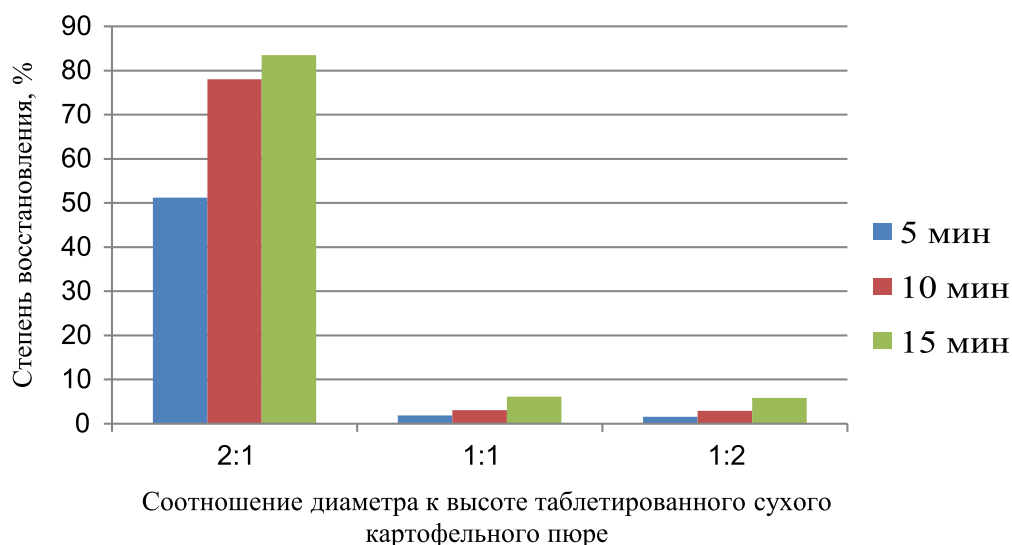


Рис. 3. Зависимость степени восстановления от времени при различном соотношении величины диаметра и высоты (соответственно) таблетированного сухого картофельного пюре

Fig. 3. Dependence of the degree of recovery on time for different ratios of the diameter and height (respectively) of tableted dry mashed potatoes

На рисунке представлены экспериментальные данные, отражающие влияние геометрических характеристик (соотношения диаметра к высоте) таблетированного сухого картофельного пюре на степень его восстановления в фиксированных временных интервалах (5, 10 и 15 минут). Наибольшую эффективность продемонстрировали плоские образцы с соотношением 2:1. К 5-й минуте степень их восстановления достигла 51 %, к 10-й — 78 %, а к 15-й минуте составила 83 %. Это обусловлено максимальной площадью контакта с водой и минимальной глубиной проникновения влаги к центру таблетки.

Переход к геометрии 1:1 и 1:2 вызвал резкое замедление процесса. Из-за блокирования внутренних слоев продукта степень восстановления таких образцов даже через 15 минут не превысила 6 %.

Таким образом, для обеспечения качества готового продукта геометрические параметры прессования должны строго соответствовать условию преобладания диаметра над высотой образца (в соотношении не менее 2:1).

Исследования влияния фракционного состава исходного сырья и геометрической конфигурации позволила интенсифицировать кинетику процесса восстановления таблетированного сухого картофельного пюре. Тем не менее, достигнутый предел восстановления полученных образцов (83 % за 15 минут) указывает на необходимость дальнейшего совершенствования для достижения стопроцентной гидратации в более короткий временной интервал. Кроме того, создание коммерчески привлекательного концентрата требует обогащения его рецептуры вкусоароматическими и питательными компонентами.

В связи с этим следующим этапом работы было исследование комбинированных систем. Оно включало, с одной стороны, введение в состав продукта газообразующей смеси для принудительного разрушения прессованного продукта в горячей воде, а с другой — оценку влияния рецептурных добавок (сушеного мяса и зелени) на скорость их восстановления.

В качестве газообразующей системы рационально использовать смесь лимонной кислоты и гидрокарбоната натрия (пищевой соды). Молярное соотношение компонентов в реакции нейтрализации составляет 1:3, что в массовом выражении эквивалентно пропорции 1:1,31. Таким образом, на 1 грамм лимонной кислоты требуется введение приблизительно 1,31 грамма гидрокарбоната натрия для обеспечения полноты протекания реакции и максимального выделения диоксида углерода.

На рисунке 4 представлена кинетика восстановления образцов таблетированного сухого картофельного пюре, содержащих в своем составе лимонную кислоту и гидрокарбоната натрия (пищевую соду) в количестве 2,5 % и 3,0 % к массе основного сырья соответственно.

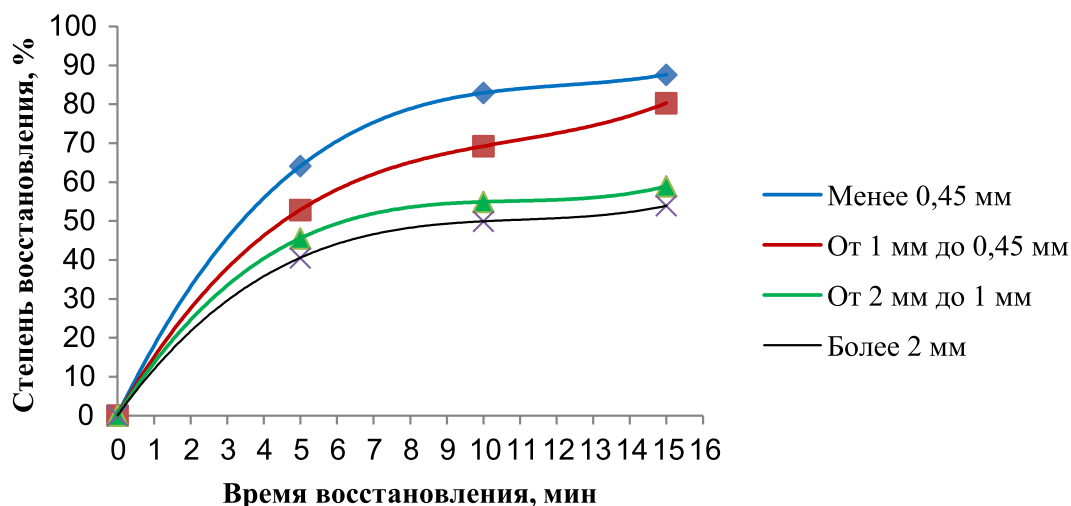


Рис. 4. Зависимость степени восстановления прессованного сухого картофельного пюре от времени в смеси с газообразующими компонентами

Fig. 4. Dependence of the degree of recovery of pressed dry mashed potatoes on time in a mixture with gas-forming components

Анализ кривых показывает, что введение газообразующих компонентов качественно изменило характер процесса восстановления по сравнению с картофельным пюре без добавок. За счет бурного выделения диоксида углерода при контакте с горячей водой (80 °С) происходит принудительное разрушение межчастичных связей сухого картофельного пюре, что обеспечивает высокую скорость деструкции прессованного продукта уже на начальном этапе. Максимальный темп влагопоглощения зафиксирован в первые 5 минут эксперимента, после чего кривые выходят на плато.

При этом фактор гранулометрического состава сохраняет определяющее значение:

- ♦ фракция менее 0,45 мм в сочетании с газообразующей системой обеспечивает наилучший результат: к 5-й минуте степень восстановления достигает ~64 %, а к 15-й минуте фиксируется максимальное значение — 88 %;
- ♦ фракция от 0,45 до 1 мм демонстрирует близкую динамику, плавно достигая к концу гидротермической обработки 80 % восстановления;
- ♦ крупнодисперсные фракции (от 1 до 2 мм и более 2 мм) даже в присутствии газообразующих компонентов восстанавливаются существенно хуже, достигая через 15 минут лишь 59 % и 54 % соответственно. Это указывает на то, что внутреннее избыточное давление газа оказывается недостаточным для полного разрушения плотных конгломератов крупных частиц картофельных хлопьев.

Определение рациональных геометрических параметров прессованного продукта и дисперсности сырья позволило установить базовые закономерности процесса восстановления таблетированного картофельного пюре. Однако переход к многокомпонентным рецептурам требует комплексного учета рецептурных факторов и технологических режимов формования. В связи с этим следующим этапом работы стало исследование влияния натуральных сушеных вкусоароматических добавок (сушеного мяса, зелени и газообразующей смеси), а также величины давления прессования на прочностные характеристики таблеток и итоговую кинетику процесса их восстановления.

Экспериментальные исследования по получению прессованных полуфабрикатов с натуральными растительными и мясными ингредиентами проводили в соответствии с предварительно оптимизированными рецептурными составами. На следующем этапе осуществляли оценку кинетики их регидратации (рис. 5).

Опытные образцы прессованных полуфабрикатов с натуральными растительными и мясными ингредиентами изготавливали на основе предварительно оптимизированных рецептурных составов. Последующая оценка кинетики их регидратации позволила установить влияние рецептурного состава на скорость восстановления (рис. 5).

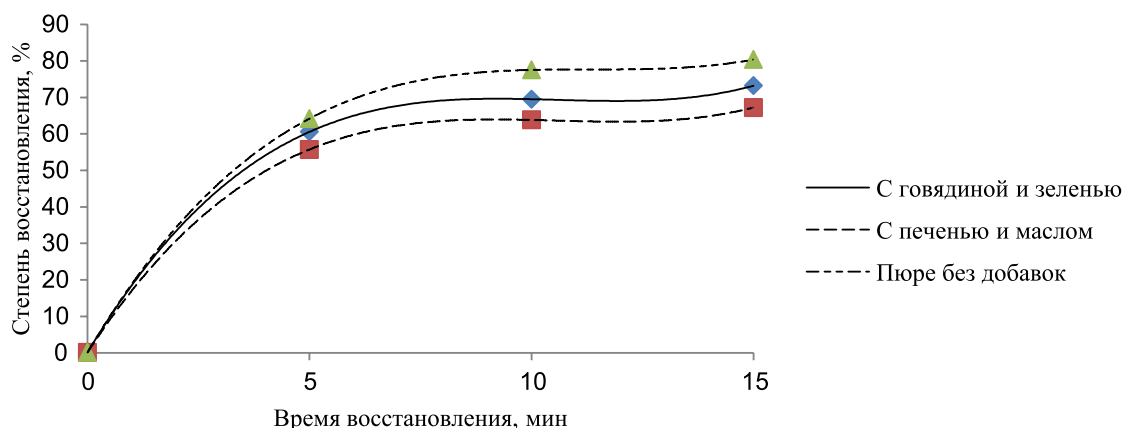


Рис. 5. Зависимость степени восстановления таблетированного сухого картофельного пюре с натуральными добавками в зависимости от времени

Fig. 5. Dependence of the degree of recovery of tableted dry mashed potatoes with natural additives on time

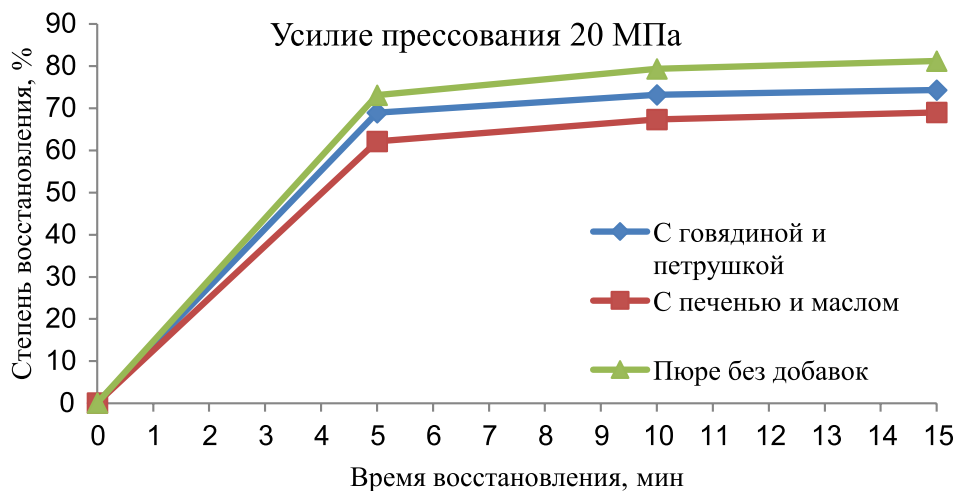
Таким образом, анализ кинетических кривых на рисунке 5 позволил установить характер влияния рецептурных компонентов на восстановительную способность таблетированного сухого карто-фельного пюре: введение нату-ральных обогащающих ингре-диентов закономерно снижает итоговую степень регидратации прессованного продукта по срав-нению с контрольным образцом (пюре без добавок), который к 15-й минуте достигает максимального показателя в 80 %. Одна-ко, независимо от состава, во всех образцах благодаря действию газообразующей смеси основной объем влаги (до 55–64 %) поглощается в первые 5 минут процесса восстановления, после чего процесс стабилизируется.

Включение в состав табле-тированных полуфабрикатов на основе сухого картофельного пюре натурального сушеного мяса и зелени оказывает незначительное сдерживающее влияние на кинетику восстановления. В частности, образцы с добавлением говядины и зелени достигают степени восстановления 61 % через 5 минут и 73 % через 15 минут, что незначительно усту-пает показателям контрольного образца без добавок (64 % и 80 % соответственно). В то же время введение сухого сливочного масла существенно ограничивает данный процесс: образцы с печеньем и маслом восстанавливаются лишь до 55% за первые 5 минут и достигают итогового значения всего в 67 % к 15-й минуте. Данный эффект обусловлен гидрофобизацией межчастичного пространства жировой фазой, препятствующей свободному переносу влаги внутрь таблетированного сухого картофельного пюре.

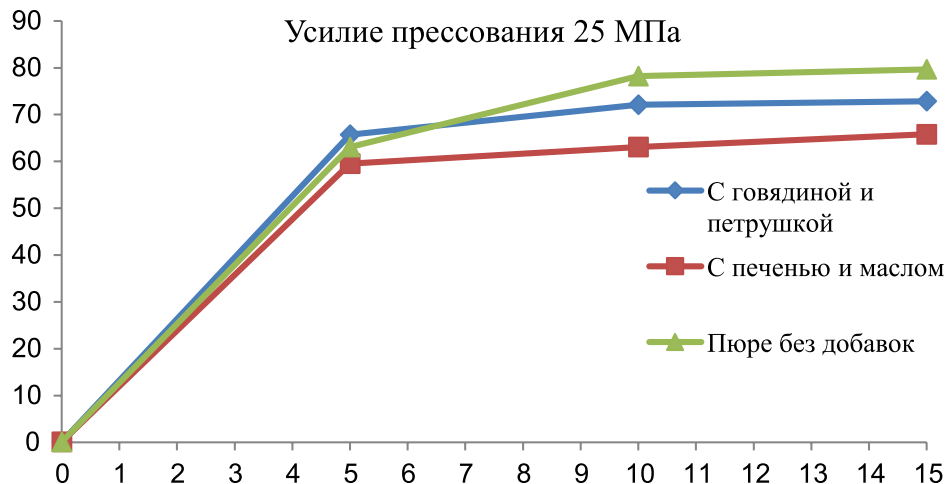
Внесение газообразующей системы на основе лимонной кислоты и гидрокарбоната натрия существенно интенсифицирует разрушение таблетированного сухого картофельного пюре в процессе восстановления. Тем не менее, при исходной дозировке компонентов итоговая сте-пень восстановления прессованного продукта к 15-й минуте стабилизируется на уровне 80 %. Полученный показатель не обеспечивает достижения целевой консистенции готового блюда и уступает технологическим характеристикам традиционного рассыпного пюре, что снижает потребительскую привлекательность разрабатываемого продукта. Для достижения полной восстанавливаемости таблетированной формы, эквивалентной свойствам традиционного сухого картофельного пюре, было обосновано увеличение концентрации газообразующей смеси в составе пресс-порошка в 2 и 4 раза. Данное технологическое решение направлено на ускорение кинетики распада таблетки, оптимизацию органолептических показателей.

На рисунке 6 представлены результаты оценки кинетики восстановления прессованных образцов с фиксированным содержанием газообразующей смеси (5 % лимонной кислоты и 6 % пищевой соды) в зависимости от приложенного давления прессования.

а



б



а – усилие прессования 20 МПа, б – усилие прессования 25 МПа

Рис. 6. Результаты экспериментальных данных

Fig. 6. Experimental data results

Результаты экспериментальных исследований восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия, представлены на рисунках 7 и 8.

Процесс восстановления сухого картофельного пюре с повышенным содержанием газообразующих компонентов (10 % лимонной кислоты и 12 % гидрокарбоната натрия) сопровождается бурной реакцией нейтрализации при контакте с горячей водой. В течение первых 5 минут экспозиции фиксируется значительное увеличение объема продукта, а степень его восстановления достигает порядка 80 %. В последующий период кинетика поглощения влаги замедляется, однако после 10 минут остаточная масса таблетки легко разрушается при минимальном механическом воздействии. Это свидетельствует о практически полной деструкции структуры во всех опытных образцах, за исключением жиросодержащей композиции со сливочным маслом. Высокая скорость восстановления обусловлена интенсивным газовыделением смеси в данной концентрации, а готовое пюре по своим консистенционным и текстурным свойствам эквивалентно рассыпному аналогу.

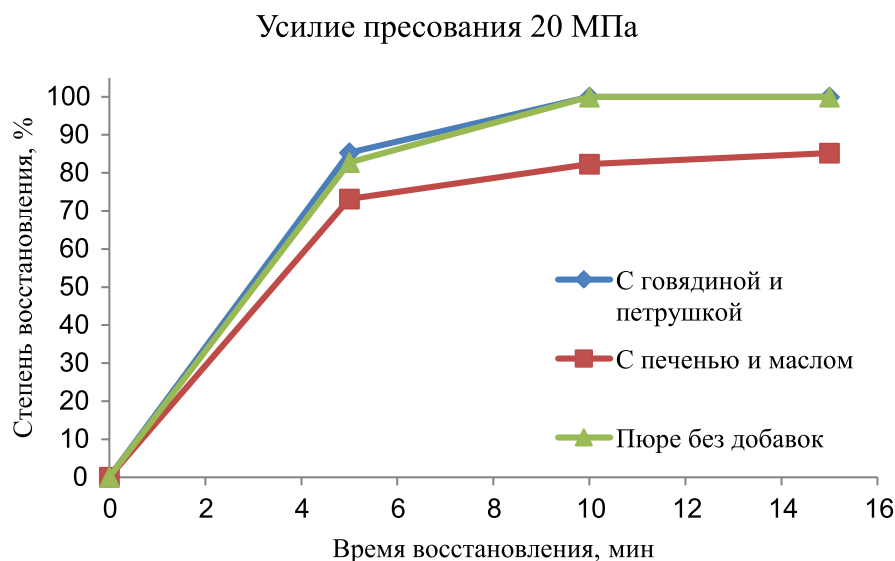


Рис. 7. Результаты исследования восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия при усилии прессования 20 МПа

Fig. 7. Results of the study of the restorative capacity of tablet semi-finished products containing 10 % citric acid and 12 % baking soda relative to the mass of the tablet product under a pressing force of 20 MPa

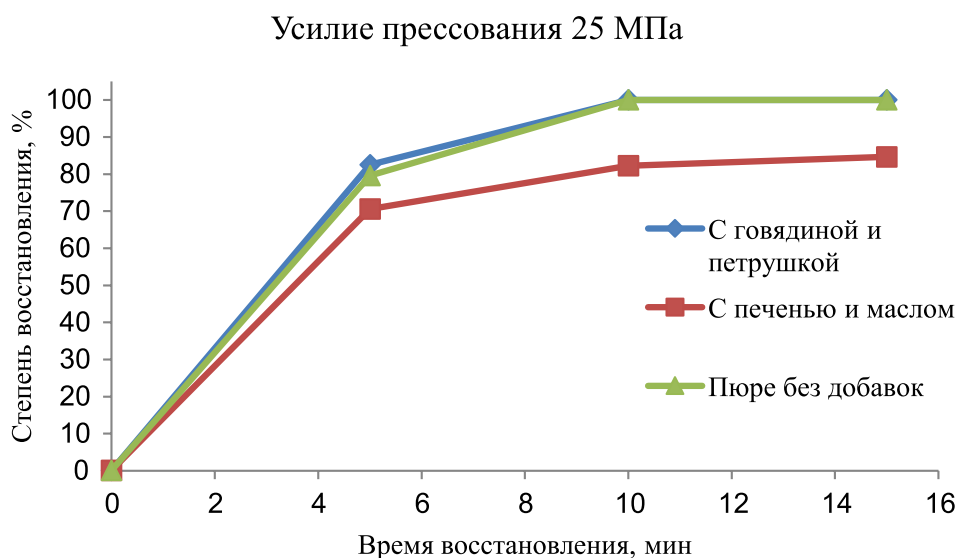


Рис. 8. Результаты исследования восстанавливающей способности таблетированных полуфабрикатов, содержащих 10 % лимонной кислоты и 12 % пищевой соды относительно массы таблетированного изделия при усилии прессования 25 МПа

Fig. 8. Results of the study of the restorative capacity of tablet semi-finished products containing 10 % citric acid and 12 % baking soda relative to the mass of the tablet product under a pressing force of 25 MPa

Заключение. Таким образом, на основании проведенных исследований определен комплекс рациональных рецептурно-технологических параметров производства таблетированного картофельного пюре, обеспечивающий получение прессованного продукта с высокой скоростью последующего восстановления в горячей воде. Базовым фактором интенсификации процесса является использование мелкодисперсного сырья с размером фракции менее 0,45 мм, развитая удельная поверхность которого ускоряет проникновение влаги в глубь прессованной массы. Соотношение диаметра к высоте 2:1 оптимизирует геометрию контакта фаз и минимизирует длину пути жидкости к центру «таблетки». Введение газообразующей смеси (10 % лимонной кислоты и 12 % гидрокарбоната натрия к массе пресс-композиции)

инициирует при контакте с горячей водой (80 °С) бурную реакцию нейтрализации с активным выделением диоксида углерода, создающего внутреннее избыточное давление, способствующее механической деструкции таблетки, сокращая общее время приготовления продукта. Наконец, проведение формования под давлением 25 МПа обеспечивает необходимый технологический баланс между когезионной прочностью сухого брикета при транспортировке и сохранением достаточного объема порового пространства, гарантируя практически 100%-е восстановление полуфабриката до консистенции традиционного рассыпного аналога в течение 10 минут.

Список использованных источников

1. Лопатнюк, Л. А. Состояние и направления развития картофелеперерабатывающего подкомплекса Беларуси / Л. Лопатнюк, И.В. Кулага // Аграрная экономика. – 2017. – №8. – С. 44-51.
2. Белоусов, В. А. Основы дозирования и таблетирования лекарственных порошков / В.А. Белоусов, М. Б. Вальтер. - М.: Медицина, 1980. – 216 с.
3. Таблетирование. Таблеточные машины // Фармацевтические технологии и упаковка. – 2013. – №1. – С. 28–34.
4. Хишова, О. М. Технологические свойства тонкоизмельченных растительных субстанций и научные основы их таблетирования / О. М. Хишова // Вестник фармации. – 2014. - №3. – С. 68-76.

Информация об авторах

Евтушевская Людмила Владимировна, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: olishenia@mail.ru

Гоман Дмитрий Иосифович, научный сотрудник отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: npc.goman@gmail.com

Information about authors

Evtushevskaya Lyudmila Vladimirovna, PhD (Technical), Associate Professor, Head of the Department of Root Crops Technology, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: olishenia@mail.ru

Goman Dmitry Iosifovich, Researcher, Department of Root Crops Technology, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus (29 Kozlova St., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: npc.goman@gmail.com