

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРАХМАЛА И КРАХМАЛОПРОДУКТОВ

В.В. Литвяк, З.В. Ловкис

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», Минск, Беларусь
e-mail: info@belproduct.com*



Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий продукции из корнелубнеплодов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

e-mail: info@belproduct.com

Научные интересы – биохимия, технология переработки сельскохозяйственного сырья, технология пищевых продуктов



Ловкис Зенон Валентинович, член-корр. НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Беларуси, генеральный директор РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

e-mail: info@belproduct.com

Научные интересы – гидравлика, технология переработки сельскохозяйственного сырья, технология пищевых продуктов

Введение

В последнее время в разных отраслях промышленности широкое применение получили различные виды нативных и модифицированных крахмалов с целенаправленно измененными (заданными) свойствами, приобретаемыми в результате их обработки физическими, физико-химическими, химическими или биохимическими способами.

Большой вклад в разработку научно-технологических основ создания крахмалосодержащих модифицированных продуктов внесли работы Керра Р.В., Рихтера М., Жушмана А.И., Трегубова Н.Н., Андреева Н.Р., Лукина Н.Д., Гулюка Н.Г., Карпова В.Г., Ладур Т.А., Костенко В.Г. и др. [1–10].

Однако до настоящего времени не до конца исследованы особенности и механизмы модификации крахмала и крахмалосодержащего сырья. Таким образом, исследования физико-химических, технологических и органолептических свойств крахмала и крахмалопродуктов, а также создание современных высокоэффективных технологий получения модифицированных крахмалов и продуктов из крахмалосодержащего модифицированного сырья является актуальной проблемой для пищевой промышленности Российской Федерации и Республики Беларусь [11–13].

Целью исследований явилась разработка научно-технологических основ создания импортозамещающих высокоэффективных, экологически безопасных технологий получения модифицированных крахмалов и крахмалосодержащего сырья с использованием физических, физико-химических, химических и биохимических модифицирующих факторов для создания новых продуктов.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использованы нативные (картофельный, кукурузный, тапиоковый, пшеничный, рисовый, ржаной, гороховый, амарантовый, ячменный, сорговый, тритикалевый, овсяный) и модифицированные (физический, химический, сочтанный) крахмалы, а также различные крахмалосодержащие продукты (мука, картофелепродукты, мезга).

При проведении исследований применяли ИК-спектроскопию, сканирующую электронную микроскопию (сканирующий электронный микроскоп LEO 1420 и вакуумная установка EMITECH K 550X), световую микроскопию (световой микроскоп Zeiss Axiostar plus и цифровая фотокамера Panasonic DMC-LZ1), рентгеновскую дифрактометрию (рентгеновский дифрактометр HZG 4A), спектроскопию (однолучевой Фурье-спектрометр модели Перкин Эльмер «Спектрум 1000» и ЯМР-спектрометре Bruker AC 400), хроматографию (высокоэффективного жидкостного хроматографа Agilent Technologies 1200 Series, хроматографические колонки: Eclipse XDB-C18, Zorbax SB-Aq и Nucleogel GFC 1000-8), спектрофотометрию (спектрофотометре Specord M 40), вискозиметрию (ротационные вискозиметры: Rheotest 2.1, Брукфилда LVDV-II+Pro), титриметрию и другие стандартные методы физико-химического и микробиологического анализа в соответствии с ТНПА: ГОСТ 7698, ГОСТ 8756.13, ГОСТ 8756.22, ГОСТ 24556, ГОСТ 25999, ГОСТ 26668, ГОСТ 26669, ГОСТ 26670, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30518, ГОСТ 30519, ГОСТ 10444.12.

Компьютерное моделирование химических и технологических процессов осуществляли на кластерном суперкомпьютере СКИФ-ОИПИ. Статистическая обработка полученных результатов исследования проведена с использованием MathCad Professional 2000, MS Office Excel 2003 [14].

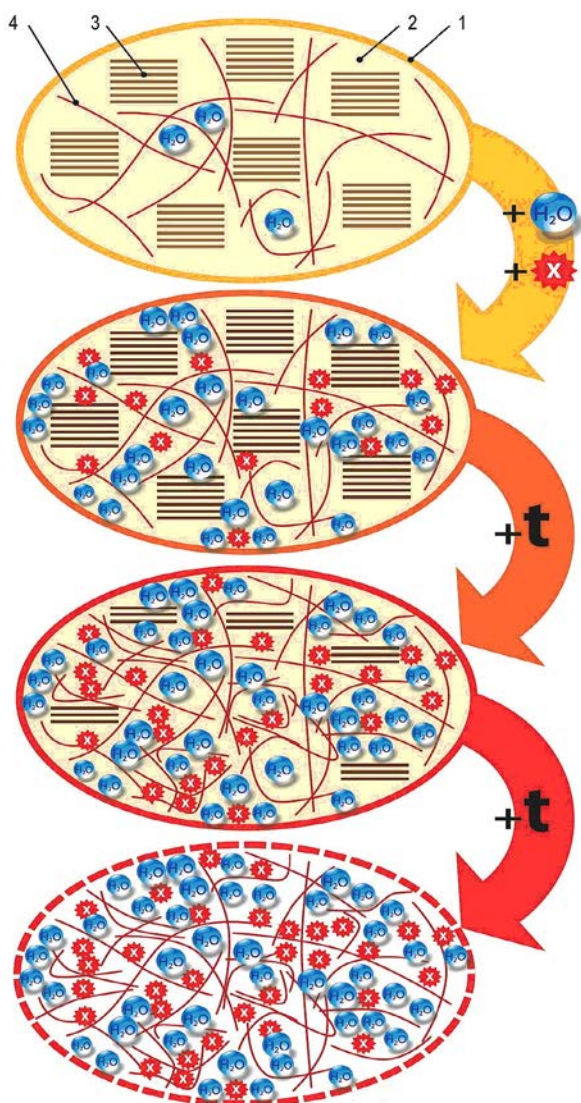
Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований на примере прорастающей пшеницы установлено, что дефосфорилированные тримеры (2',5') олигоаденилатов снижали расход крахмала и повышали содержание глюкозы. Олигонуклеотиды в концентрации 10^{-7} М понижали активность α - и увеличивали активность β -амилазы при низкой общей амилазной активности, а в концентрации 10^{-10} М повышали активность α -, снижали активность β -амилазы и незначительно изменяли общую амилазную активность. В отношении α -амилазной активности олигоаденилаты в концентрации 10^{-7} М проявляли подобие с эффектом абсцизовой кислоты, а в концентрации 10^{-10} М с действием гиббереллинов.

Полученные нами данные, могут послужить основой для моделирования *in vitro* клеточных регуляторных систем, состоящих из фитогормонов и вторичных посредников клеточной активности, которые позволят осуществлять регуляцию крахмалонакопления в растительном крахмалосодержащем сырье на клеточном уровне.

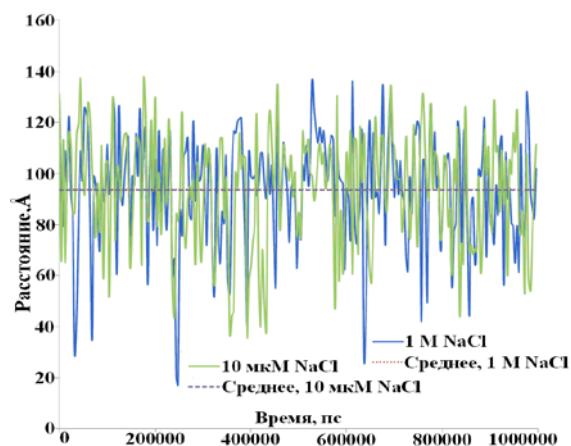
Исследована молекулярная и надмолекулярная структура крахмалов, крахмалопродуктов и крахмалосодержащих биоконпозитов. Доказано, что морфологическая и фазовая структура зависит от вида растительного крахмалосодержащего сырья и от его сортовой принадлежности. Для оценки нативных крахмалов предложен коэффициент сродства к модифицирующему физическому фактору (критерий – средний размер крахмальной гранулы) и коэффициент сродства к модифицирующему химическому фактору (критерий – относительная степень аморфности). Установлено, что реакции химической модификации протекают более интенсивно в аморфных, более сильно окрашенных участках крахмального зерна. Предложена научно-обоснованная модель химической модификации крахмальной гранулы (рисунок 1).

В ходе моделирования молекулярной динамики амилозы, состоящей из 40 остатков глюкопиранозы и имеющей общую длину 117\AA , нами обнаружено, что изолированная цепь амилозы не обладает стабильной структурой (рисунок 2).

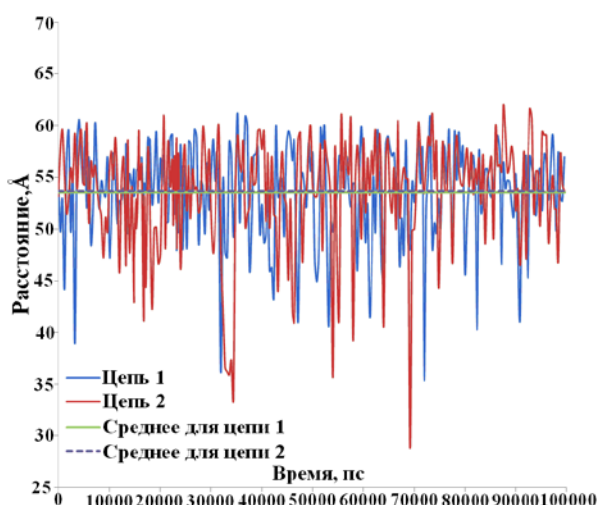


1 – крахмальная гранула; 2 – внутренняя полость крахмальной гранулы; 3 – кристаллический участок; 4 – аморфный участок

Рисунок 1 – Механизм химической модификации крахмальной гранулы



a



б

a – между концевыми атомами O1 и O4 амилозы (40 остатков глюкозы)
б – между концами 2 А-цепей амилопектина

Рисунок 2 – Сравнение расстояния между концевыми атомами углерода крахмала

За отрезок в 1 мкс мы наблюдали «биение» цепочки и общую конформационную нестабильность структуры расположения звеньев. Ионная сила раствора не оказала влияния на характер движений цепочки.

Увеличение молекулярной массы и разветвление структуры кардинально меняет характер движения отдельных участков цепи (рисунок 2). Так, по сравнению с амилозой, амплитуда движений амилопектина, имеющего одну «якорную» В-цепь состоящую из 43 глюкопиранозных остатков и 6 боковых А-цепей из 16 остатков глюкопиранозы, значительно сужается.

Таким образом, на основании сравнительного исследований молекулярной динамики можно сделать предположение, что амилоза является разрыхляющим фактором крахмальной гранулы и приводит к образованию аморфных участков в ней, а амилопектин, напротив, способствует формированию кристаллических участков.

В результате проведенных исследований нами предложен высокоэффективный, экономный и экологически безопасный способ получения нативного крахмала, при котором осуществляют подготовку крахмалосодержащего сырья к переработке, проводят исследование морфологической структуры крахмала в крахмалсодержащем сырье с определением размера крахмальных гранул, подготовленное сырье измельчают, высушивают до удаления из растительных клеток свободной и связанной влаги, подвергают тонкому измельчению до разрушения растительных клеток и извлекают крахмал путем многократного просеивания через систему сит, подобранную в соответствии с размерами крахмальных гранул перерабатываемого крахмалосодержащего сырья с последующей фасовкой, упаковкой, маркировкой и транспортировкой крахмала.

При высушивании растительного сырья до абсолютно сухого состояния происходит практически полное удаление воды из растительной клетки следствием чего является существенное уменьшение количества имеющихся водородных связей. Оставшиеся водородные связи крахмала образуются между атомами водорода и кислорода гидроксильных групп α -D-глюкопиранозы, что приводит к полной ликвидации их химической активности. Происходит своего рода «закрытие» гидроксильных групп при помощи водородной связи, что является ответной (защитной) реакцией молекулы на чрезмерное повышение температуры (процесс сушки) и предназначено для максимально возможной внутримолекулярной стабилизации. Данный процесс внутримолекулярной стабилизации при помощи водородных связей, универсален и характерен для всех биомолекул (белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот). Таким образом, при высушивании растительного сырья наблюдается потеря сцепления биомолекул и процесс извлечения крахмала существенным образом облегчается.

В результате фазового и морфологического анализа установлено, что картофельное пюре, полученное с предварительным бланшированием и без него, является абсолютным аморфным гало. На основании реологических характеристик картофельного пюре предложена гипотеза процесса бланшировки (рисунок 3). Процесс бланширования многостадийный и сложный. В процесс бланшировки принимают участие все компоненты биокомпозитного материала (белки, углеводы, жиры и др.). Сущность процесса бланширования заключается в ориентации определенным образом функциональных группировок различных компонентов биокомпозитного материала в водной среде. В результате данной ориентации происходит взаимодействие отрицательно и положительно заряженных функциональных группировок и образуется «комочкообразные» вторичные аморфные образования (не плотно упакованные), которые легко разрушаются при сдвиговой нагрузке.

Теоретически обосновано и практически подтверждено, что в формировании органолептических свойств картофеля принимают участие все его химические составляющие: аминокислоты, белок, сахара, жиры, алколоиды и т.д. (рисунок 4). Установлено, что в продукте, подвергнутом разным технологическим обработкам (варке, жарке, приготовлению пюре), наблюдается потеря массы (3–50%), воды (1–66%), белков (3–6%), жиров (1–16%), углеводов (моно- и дисахаридов – 15–36%, крахмала – 4–10%, клетчатки – 1–6%), органических веществ (4–13%), золы (10–40%), минеральных веществ (Na – 10–80%, K – 6–33%, Ca – 3–28%, Mg – 6–39%, P – 3–30%, Fe – 3–40%) и витаминов (β -каротин – 0–20%, витаминов B₁ – 5–34%, B₂ – 5–20%, PP – 3–30% и C – 15–74%). Органолептические свойства зависят от сахароаминной реакции, в результате которой образуются летучие и окрашенные продукты, которые и обуславливают вкус, аромат, цвет и снижение питательной ценности картофеля, подвергнутого термообработке. Текстуру картофеля обуславливает крахмал, содержащий большое количество фосфатных групп. На органолептические свойства картофеля большое влияние оказывает образующийся при термическом разложении глюкозы – оксиметилфурфурол.

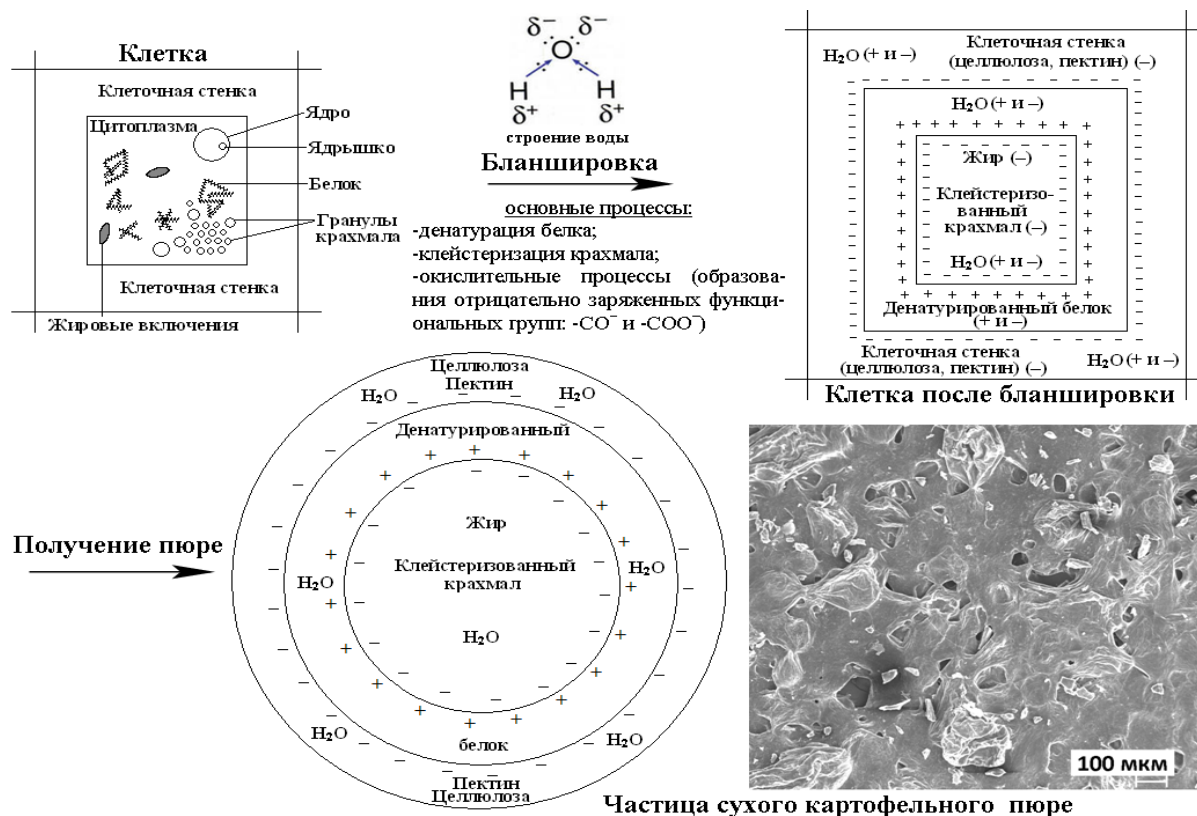


Рисунок 3 – Принципиальная схема процесса бланшировки растительной клетки (на примере клубней картофеля)

Разработана технология физической модификации крахмала и крахмалсодержащего сырья: методом экструзии без предварительного увлажнения (рисунок 5). При экструзии не происходит изменений функционального состава крахмалосодержащего сырья, а наблюдается перераспределение системы межмолекулярных водородных связей. Экструзионная обработка крахмала существенно понижает качественный и количественный аминокислотный состав, что является основой получения продуктов с низким содержанием белка для диетического питания детей с генетическими заболеваниями (целиакией и фенилкетонурией). Количество жира у экструзионных крахмалопродуктов понижалось на 0,28–1,09%. Экструзионные крахмалопродукты обладают хорошими органолептическими и микробиологическими показателями. Растворимость в холодной воде экструзионных крахмалов более 90%: кукурузного – 90,1–93,3%, картофельного – 93,1–99,9%, тапиокового – 99,4–99,9%. Вязкость 5%-ых клейстеров картофельного (0,008–0,016 Па·с) и кукурузного крахмалов (0,008–0,015 Па·с), экструдированных в одинаковых режимах, имеет близкие значения, а тапиокового (0,012–0,030 Па·с) в 2 раза выше. Построена эмпирическая математическая модель, связывающая параметры экструзии ($t = 140\text{--}180^\circ\text{C}$, $n = 70\text{--}90$ об/мин) с молекулярной массой (M_w) и коэффициентом полидисперсности полимеров. Повышение температуры и увеличение скорости вращения рабочих шнеков приводит к усилению деструкции и снижению M_w в 1,6–2,5 раза. Наибольшую степень деструкции имеет экструзионный картофельный крахмал ($M_w 1,0\text{--}2,5 \cdot 10^6$), а самую низкую – экструзионный тапиоковый ($M_w 2,7\text{--}4,3 \cdot 10^6$).

Разработаны технологии физико-химической модификации крахмала пучком ускоренных электронов и электрическим током, которые могут найти широкое применение в пищевой и других отраслях промышленности.

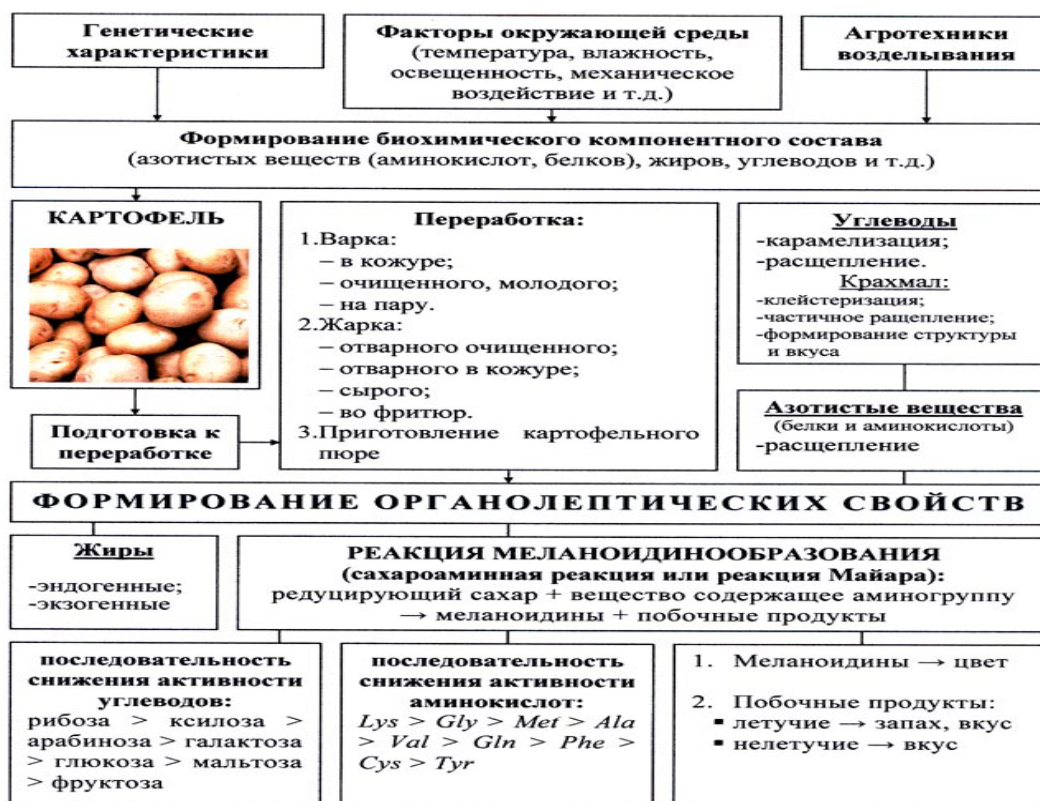
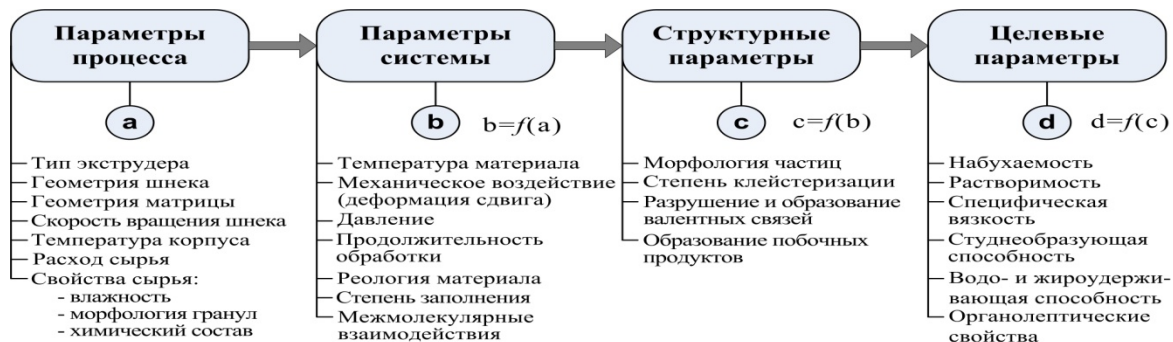


Рисунок 4 – Теоретическая модель формирования органолептических свойств картофельных композитов

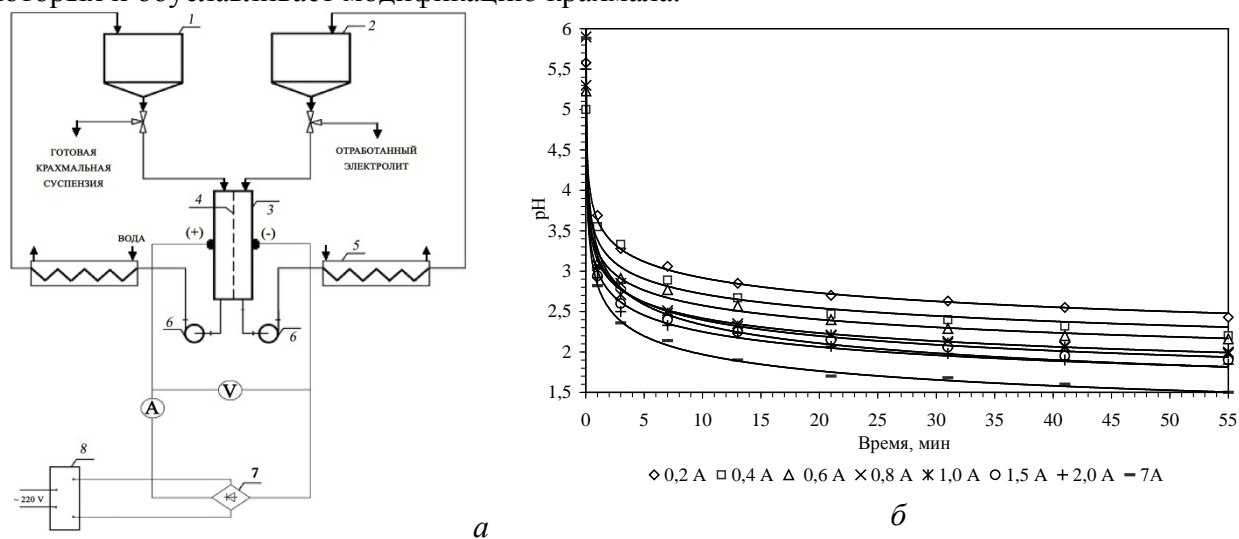


a – технология производства экструдированных продуктов из крахмалосодержащего сырья; б – модель деградации крахмала в процессе экструзии; в – системно-аналитическая модель

Рисунок 5 – Экструзия крахмала

Облучение крахмала ионизирующим излучением в виде пучка ускоренных электронов с энергией 6–7 МэВ и дозой 5–10 кГр приводит к полному уничтожению имеющейся микрофлоры. Облучение картофельного крахмала дозой 110–440 кГр приводит к значительной аморфизации с сохранением морфологии. Повышается общая титруемая кислотность за счет образования органических кислот (щавелевой, яблочной, молочной, уксусной, лимонной и янтарной), и растворимость, которые впоследствии существенно понижаются, вплоть до получения крахмалов полностью не растворимых в воде. Для стабилизации физико-химических свойств облученного крахмала целесообразно использовать контактную сушку на вальцовых сушилках 30–40%-ой суспензии или экструзионную обработку с добавлением 1–3% сухого льда при 120–180°C. Предварительная экструзия или контактная сушка приводит к клейстеризации (разрушению крахмальных гранул и частичной деструкции полимерных цепей крахмала) вызывая повышение эффекта облучения вследствие увеличения возможных вариантов рекомбинации амилозы и амилопектина.

Проведена модификация крахмала электрохимическим способом (рисунок б), пропуская аналит – 30%-ую крахмальную суспензию – через электролизер в течение 60 мин при постоянной температуре электролитов и силе тока 0,2–7А. Постоянство силы тока достигалось при постепенном уменьшении напряжения на электродах. Катализатор – 2%-ый раствор NaCl. Электрический ток снижает pH крахмальной суспензии. С повышением силы тока увеличивается содержание карбоксильных с 0,005 до 0,027% и карбонильных (альдегидных и кетонных) с 0,003 до 0,019% групп, при одновременном снижении средней степени полимеризации с 1349 до 975%, средней массы степени полимеризации с 9807 до 4689% и полимолекулярности с 7,27 до 4,81%. При пропускании электрического тока образуются хлорсодержащие неселективные окислители и соляная кислота, воздействие которых и обуславливает модификацию крахмала.



а – схема лабораторной установки: 1 – емкость для крахмального молочка; 2 – емкость для электролита; 3 – электролизер; 4 – ионообменная мембрана; 5 – холодильник; 6 – насос; 7 – диодный мостик; 8 – автотрансформатор; V – вольтметр; А – амперметр; *б* – изменение водородного показателя при электрохимическом окислении картофельного крахмала

Рисунок 6 – Физико-химический способ модификации крахмала

Разработан способ получения окисленных крахмалов с использованием высокоэффективного неспецифического газообразного окислителя – озона, при котором 30–40%-ую крахмальную суспензию или сухой крахмал обрабатывают озono-воздушной смесью в течение 5–60 мин при температуре не выше 40°C и pH среды не более 7, при этом концентрация озона в озono-воздушной смеси – 115–500 мгO₃/м³, а в суспензии составляет 2–15 гO₃/м³. Озонированные крахмалы обладали хорошими потребительскими свойствами

(микробиологической чистотой, повышенной вязкостью клейстера, умеренной кислотностью и хорошей желирующей способностью).

Изменения молекулярной и надмолекулярной структуры окисленного перекисью водорода крахмала незначительны: наблюдается некоторое увеличение степени кристалличности. Существенные изменения морфологической структуры происходят только при использовании больших концентраций окислителя (изменяется форма гранул, появляются трещины, бороздки и другие дефекты поверхности гранул). Значительно повысить степень окисления и деструкции полисахарида можно, увеличив одновременно концентрации H_2O_2 и $FeSO_4$ или ионов H^+ в растворе, в то время как продолжительность реакции окисления в меньшей степени сказывается на содержании введенных карбоксильных и карбонильных групп, а также на динамической вязкости. При окислении крахмала в присутствии катализаторов в результате сорбции зернами крахмала неорганических веществ, растворенных в жидкой фазе, массовая доля золы повышается. По эффективности окисления крахмала катализаторы можно расположить в следующий ряд: $FeSO_4 - NiCl_2 - CuSO_4, CoCl_2$.

Разработан высокоэффективный метод катионизации крахмала N-(3-хлоро-2-гидроксипропил)-N,N,N-триметиламмоний хлоридом в щелочной среде с применением ингибиторов клейстеризации, позволяющий получать катионный крахмал со степенью замещения 0,01–0,06 моль/моль (рисунок 7). Обработка проводится методом сухой, или методом полусухой катионизации, или методом катионизации крахмальной суспензии, или методом катионизации крахмального клейстера, или экструзией. Впервые проведено компьютерное моделирование процесса катионизации крахмала.

Разработана технология производства патоки крахмальной различного углеводного состава кислотнo-ферментативным гидролизом крахмала с использованием ферментных препаратов: *Термамил SC*, *Сан Супер 360 Л* и др. Для интенсификации гидролиза сырье с естественной влажностью 17–20% подвергали экструзии при 40–70°C и частоте вращения шнека 80–90 об/мин, или к сырью с влажностью 30–60% и рН 4,5–6,0 добавляли термостабильную α -амилазу из расчета 0,1–0,3 л на 1 тонну абсолютно сухого крахмала и подвергали экструзии при 70–90°C и той же частоте вращения шнека, или сырье частично клейстеризовали путем ультразвуковой обработки при частоте 15–250 кГц в течение 1–5 мин.

Впервые предложена научно обоснованная и не имеющие аналогов в мире технология получения концентрата на основе картофеля (приемка, мойка, отделение камней, очистка, инспекцию и разваривание картофеля, приготовление осахаривающих материалов, осахаривание разваренной массы, осветление осахаренной массы, упаривание, подкисление и термообработка) и технология производства картофельных напитков (водоподготовка (фильтрация, биологическая очистка, обезжелезивание и умягчение), подработка картофельного концентрата, приготовление сахарного сиропа, сахарного колера, пряно-ароматического сырья, консерванта, пищевой органической кислоты, купажирование, фильтрация купажа, розлив и упаковку) (рисунок 8). Впервые разработан способ получения картофельного концентрата из клеточного сока и мезги, способ ферментативного обогащения фруктозой, способ оптимизации по оксиметилфурфуролу, а также получены новые продукты. Впервые предложен способ оптимизации по оксиметилфурфуролу напитков и способ увеличения их срока годности, а также новые рецептуры.

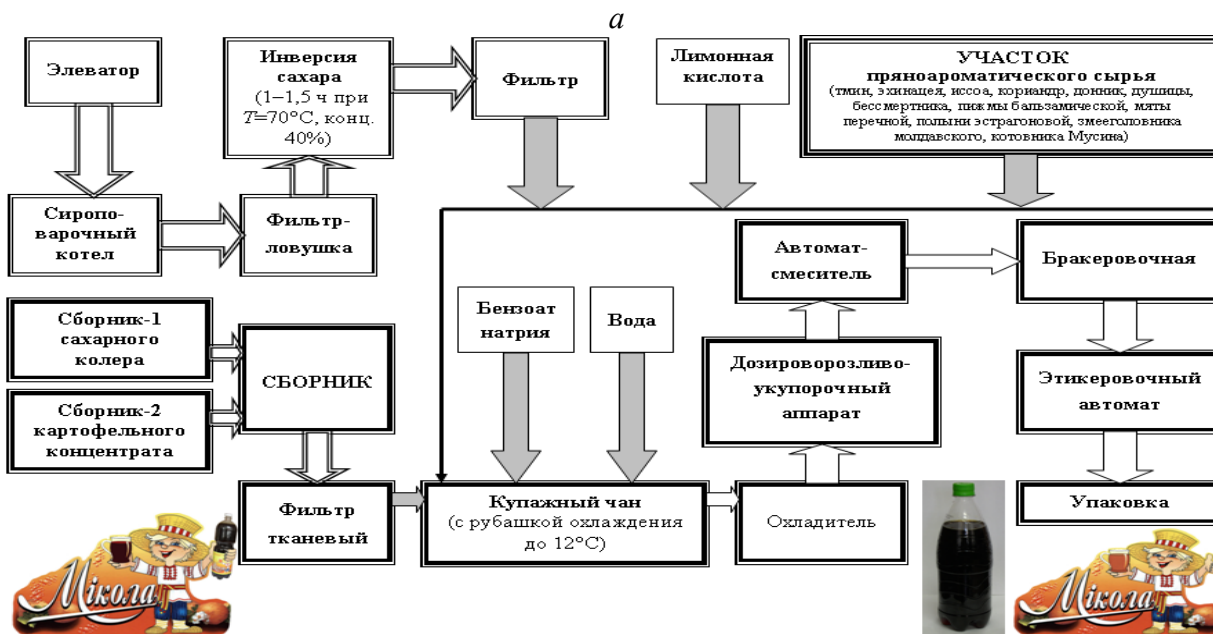
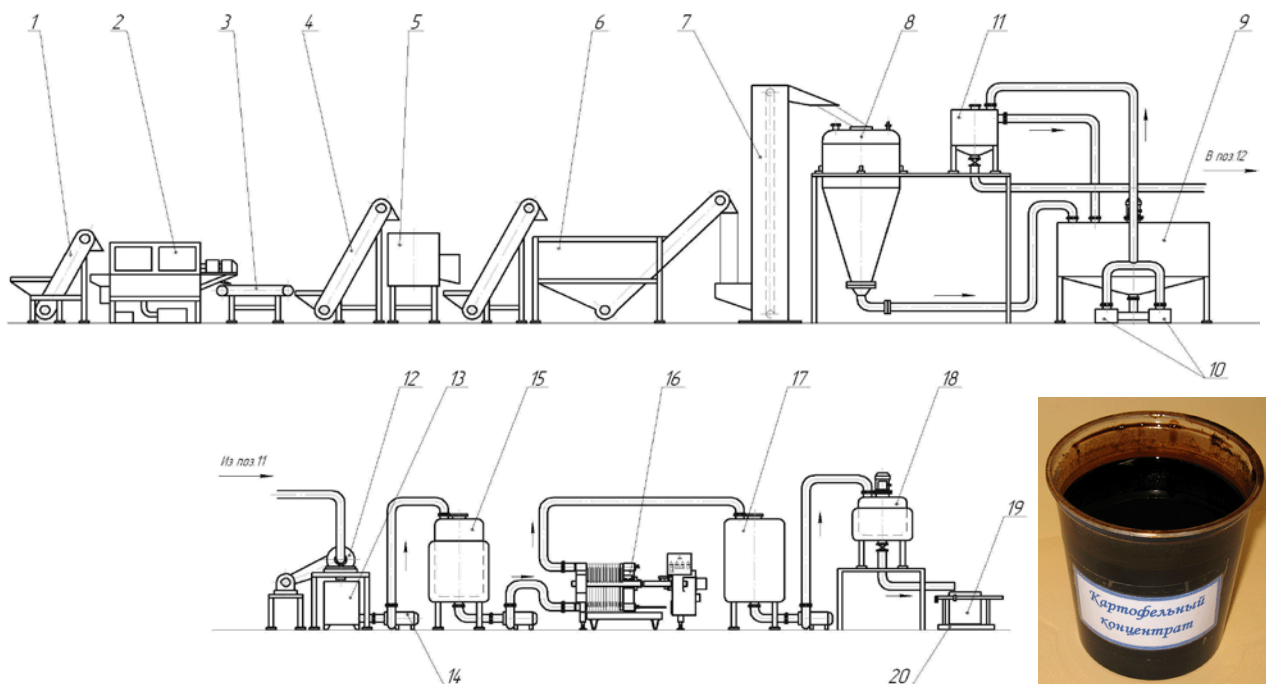
Проведена апробация предлагаемых технологических способов модификации крахмала и крахмалосодержащего сырья на ОАО «Краснобережский крахмало-паточный завод», РУПП «Экзон Глюкоза», ОАО «Машпищепрод», РУП «Технопрод», ОАО «Гомельский жировой комбинат», КУП «Минскхлебпром» Хлебозавод №3, РУП «Институт мясомолочной промышленности», РУП «Белмедпрепараты», РУП «Минский тракторный завод», РУП «Минский автомобильный завод», УП «Минский завод автоматических линий им. П.М.

Машерова», ООО «Илмакс», ЗАО «Погарская картофельная фабрика» – Россия, Daklak tariosa factory «Famprimex» – Вьетнам и других.

Разработано 18 технических условий, получено 9 актов внедрения и 20 актов о практическом использовании результатов исследования. Ожидаемый экономический эффект от производства, реализации и использования модифицированных крахмалосодержащих продуктов составит 170–230 долл. США на 1 тонну продукции.



Рисунок 7 – Принципиальная технологическая схема катионизации крахмальной суспензии



б

а – аппаратная технологическая схема получения картофельного концентрата: 1 – конвейер, 2 – машина моечная с камнеотборником, 3 – транспортер, 4 – конвейер, 5 – машина картофелеочистительная, 6 – ванна, 7 – элеватор, 8 – разварник, 9 – осахариватель, 10 – насос роторный, 11 – сборник, 12 – центрифуга, 13 – сборник приемный, 14 – насос, 15 – аппарат вертикальный цельно сварной с эллиптическим днищем и крышкой, 16 – фильтр-пресс, 17 – аппарат вертикальный с эллиптическим днищем и крышкой, 18 – реактор, 19 – тара, 20 – весы; б – технология производства напитка «Микола» на основе картофельного концентрата

Рисунок 8 – Технология получения концентрата из картофеля и напитка

Таким образом, нами выполнено комплексное научное исследование по влиянию биологически активных веществ на процесс клеточного крахмалонакопления и развитию научно-технологических основ создания импортозамещающих технологий переработки

крахмала и крахмалосодержащего сырья с использованием физических, физико-химических, химических и биохимических модифицирующих факторов.

Список литературы

1. Рихтер, М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум; пер. с немец. – М.: Пищ. пром-сть, 1975. – 182 с.
2. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов / Н.Р. Андреев. – М.: Пищепромиздат, 2001. – 289 с.
3. Жушман, А.И. Модифицированные крахмалы / А.И. Жушман. – М.: Пищепромиздат, 2007. – 236 с.
4. inKerr, P.V. Химия и технология крахмала / Р.В. Керр, Ж.В. Цезар, Л.М. Кристенсен и др.; под ред. Р.В. Керра; пер. с англ. – М.: Пищепромиздат, 1956. – 579 с.
5. Гулюк, Н.Г. Крахмал и крахмалопродукты / Н.Г. Гулюк, А.И. Жушман, Т.А. Ладур, Е.А. Штыркова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 240 с.
6. Трегубов, Н.Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н.Н. Трегубов, Е.Я. Жарова, А.И. Жушман, Е.К. Сидорова. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1981. – 421 с.
7. Костенко, В.Г. От качества картофеля к качеству крахмала / В.Г. Костенко, Е.А. Симаков, А.В. Митюшкин // Картофелеводство: сб. науч. тр. – Минск, 2008. – Т. 15. – С. 265–277.
8. Карпов В.Г. Получение набухающих крахмалопродуктов экструзионным методом: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.18.05 / В.Г. Карпов; [Всерос. науч.-исслед. ин-т крахмалопродуктов]. – М., 1981. – 24 с.
9. Карпов В.Г. Разработка технологии новых видов крахмалопродуктов экструзионным способом: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук: 05.18.05 / В.Г. Карпов; [Всерос. науч.-исслед. ин-т крахмалопродуктов]. – М., 2000. – 48 с.
10. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.
11. Ловкис, З.В. Технология крахмала и крахмалопродуктов: Учеб. пособ. / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, Н.Н. Петюшев; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Асобный, 2007. – 178 с.
12. Ловкис, З.В. Картофель и картофелепродукты: наука и технология / З.В. Ловкис, В.В. Литвяк, А.М. Мазур, Н.Н. Петюшев, И.М. Почичкая; РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск: Беларуская навука, 2008. – 537 с.
13. Литвяк, В.В. Развитие теории и практики модификации крахмалосодержащего сырья для создания новых продуктов: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.18.05. / В.В. Литвяк; ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет». – Краснодар, 2013. – 48 с. [научный консультант: З.В. Ловкис].
14. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий. – Минск, Выш. шк., 1973. – 320 с.

FUNDAMENTAL AND APPLIED RESEARCHES OF STARCH AND PRODUCTS FROM STARCH

V.V. Litvyak, Z.V. Lovkis

Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

New scientific data concerning morphology, phase structure, IR-spectroscopy native were obtained: corn, potato (developed from 20 grades, from which 10: «Atlant», «Lazurit», «Lasunok», «Lileya», «Mag», «Skarb», «Suzorye», «Yavar», «Uladar», «Vesnyanka» – are Belorussian, 4: «Lazar», «Divo», «Effekt», «Vestnik» – is Russian, 2: «Dzvin», «Leleka» – are Ukrainian, 4: «Albatros», «Kormoran», «Kranich», «Sonate» – are of German selection), and also tapioca,

wheaten, rice, rye, pea, amaranthus, barley, red leoti, triticale, oats starch, modified (physically, physically-chemically, chemically and biochemically) starch products and containing starch biocomposites (rye flour, wheat flour, millet torments, siberian millet torments, oats torments, buckwheat torments, bean flour, bean flour, lentil flour, banana flour, half-finished products from potatoes «Hvorost» and «Original», dry mashed potatoes in the form of flakes), starched (potato and corn) cellulose). For an estimation of natural starch at carrying out the morphological analysis it was offered to take affinity factor to the modifying physical factor (criterion – the average size of a starched granule), and after the phase analysis – affinity factor to the modifying chemical factor (criterion – relative degree of amorphity).

Highly effective technologies of processing starch and containing starch raw materials were developed: updatings of starch using the physical, physical and chemical, chemical and biochemical factor of the updating, allowing to receive extruded, irradiated, electrochemically and chemically oxidized, cationic and enzymatically split products from starch.

The mechanism of the physical, chemical and combined updating starch and containing starch biocomposites was studied. The empirical mathematical model of extrusion on the basis of the factorial experiment, connecting parametres extrusion with molecular weight of polymers was created. It was investigated the influence of various types on the level of microbiological insemination of starch and starch products.

The theoretical model of formation organoleptic properties of potato composites and hypothesis a process of blanching was offered.