

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің **Ғылым жаршысы (пәнаралық)** = **Вестник науки** Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (**междисциплинарный**). - 2022. - №2 (113). – Ч.1. - С.35-45

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЦЕТИЛИРОВАНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРТОФЕЛЬНОГО И ПШЕНИЧНОГО КРАХМАЛОВ

Ермеков Ерназ Ермекович
Докторант 2 курса
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: YernazYermekov@outlook.com

Тоймбаева Дана Болатовна
Докторант 2 курса
Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства
г. Янлин, КНР
E-mail: bio.dana@mail.ru

Каманова Светлана Георгиевна
Докторант 2 курса
Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства
г. Янлин, КНР
E-mail: kamanovasveta@mail.ru

Каманова Светлана Георгиевна
Магистр технических наук, младший научный сотрудник
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru

Муратхан Марат
Докторант 2 курса
Северо-Западный университет сельского и лесного хозяйства
г. Янлин, КНР
E-mail: muratkhanm@mail.ru

Айдарханова Гульнар Сабитовна
Доктор биологических наук, доцент
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
г. Нур-Султан, Казахстан
exbio@yandex.ru

Оспанкулова Гульназым Хамитовна

*Кандидат биологических наук, старший преподаватель
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина
г. Нур-Султан, Казахстан
E-mail: bulashevag@mail.ru*

Аннотация

Ацетилирование увеличивает водорезистентные свойства крахмалов, что немаловажно при использовании их для получения композитных биоразлагаемых материалов. В данной статье представлены результаты исследований по влиянию ацетилирования ледяной уксусной кислотой нативного пшеничного и картофельного крахмалов на физико-химические свойства полисахаридов и изучению потенциала использования модифицированных крахмалов для получения композиционной смеси биоразлагаемых пленок. Сравнительные исследования физико-химических свойств полисахаридов и их модификатов показали, что ацетилирование приводит к снижению доли амилозы в крахмале, а также снижает набухаемость крахмала.

Выявлено, что степень замещения в крахмалах растет только на начальных этапах реакции ацетилирования, что возможно связано с реологией крахмалов, общих для крахмалов, во время набухания и клейстеризации. С уменьшением количества ацетилирующего агента наблюдается более равномерное течение реакции, гранулы, разрушенные после вбирания в себя максимального количества влаги, все еще имеют точки доступа для замещения ацетильными группами, реакция протекает медленнее, но глубже. Растворимость модифицированных крахмалов больше зависит от времени прохождения реакции.

Определены оптимальные технологические параметры получения ацетилированных крахмалов. Так, для картофельного крахмала оптимальными являются: концентрация уксусной ледяной кислоты 1:5, время реакции 60 минут; для пшеничного крахмала: концентрация уксусной ледяной кислоты 1:7, длительность реакции 40 минут.

Ключевые слова: пшеничный крахмал; картофельный крахмал; амилоза; набухаемость; растворимость; ацетилирование; реология.

Введение

Наиболее привлекательными альтернативами пластиковых упаковок на основе нефти или синтетических материалов являются полимеры, получаемые из различных возобновляемых природных ресурсов, таких как крахмал, целлюлоза, хитозан и белки растительного и животного происхождения. Доступным,

недорогим, возобновляемым, а также разлагаемым природным полимером является крахмал. Однако, плохая устойчивость к воде и низкая прочность являются ограничивающими факторами для использования материалов, изготовленных из крахмала. Данные проблемы решаются путем химической модификация

крахмала, что позволяет получить оптимальные функциональные свойства для упаковочных материалов.

Достаточного много исследований проводится по получению биodeградируемых материалов на основе крахмала, но все еще есть проблемы и возможности по улучшению производительности и снижению затрат, в частности, по улучшению общепризнанной слабости материалов на основе крахмала: чувствительности к влаге.

Крахмал, полисахарид, который может синтезироваться растениями и содержится в основном во фруктах, корневых клубнях, бобовых и злаках, обычно содержится в диапазоне 25–90%. В отличие от других полисахаридных полимеров, которые собирают или извлекают путем уничтожения растений, крахмал можно собирать в большинстве случаев, не разрушая растения [1]. Крахмал, запасной полисахарид многих растений, находится в форме частично кристаллических нерастворимых в воде гранул, размер и состав которых зависит от растительного источника [2]. Благодаря своей полной биоразлагаемости [3], низкой стоимости и возобновляемости [4] крахмал считается

Материалы и метод

Методы: Общее содержание белка определяли на полуавтоматическом комплексе (Кельтран 4005, Сибагроприбор, Россия), который включает дигестор, скруббер, блок дистилляции, титрование проводилось вручную, согласно методу АОАС 2011.11 «Белок

многообещающим кандидатом для разработки экологически чистых материалов. Гидрофильная природа крахмала является основным ограничением, которое серьезно ограничивает разработку продуктов на основе крахмала, поэтому химическая модификация — это способ решения проблемы низкой водостойкости. [5, 6]. Ацетилирование является одной из наиболее хорошо изученных и реализуемых химических модификаций на промышленном уровне и основано на этерификации крахмала ацетильными группами ($-\text{COCH}_3$) с образованием ацетатов крахмала [7]. Введение ацетильных групп способствует уменьшению взаимодействий между внешними цепями амилопектина и цепями амилозы, придавая полимеру новые свойства. Также известно, что введение ацетильных групп при ацетилировании снижает прочность связи между молекулами крахмала и тем самым увеличивает способность к набуханию и растворимости гранул крахмала, снижает коагуляцию крахмала и картофельного крахмалов, ацетилированных ледяной уксусной кислотой, для получения композиционной смеси биоразлагаемых материалов.

паровой дистилляцией в борную кислоту.

Содержание липидов определялось на автоматизированном приборе Buchi (ExtractionUnit E-812). Для проведения анализа с погрешностью не более 0,1 г навеска крахмала 25-50 г, переносилась в одноразовый целлюлозный патрон и взвешивалась. Затем патрон помещался в экстракционную гильзу и устанавливался на приборе. В качестве растворителя использовался хлороформ в объеме 100 мл. Проведение анализа проходит в три этапа: 1. экстракция проходит при 100% нагреве и длится 60 мин, включает в себя 6 циклов; 2. сушка длится 60 минут при 100% нагреве; 3. промывка длительностью 25 минут, при 70% нагреве. После завершения экстракции патрон взвешивался с погрешностью не более 0,001 г и рассчитывалось процентное содержание липидов.

Содержание амилозы и амилопектина определено согласно методу, описанному Juliano.

Определение содержания фосфатов. Содержание фосфатов в нативном и окисленных крахмалах определяли по ГОСТ 7698-93 «Крахмал. Правила приемки и методы анализа».

Приготовление ацетилизованного картофельного и пшеничного крахмала: Ацетилованный крахмал получали согласно исследованием [9] с модификациями. 100 г крахмала диспергировали в 500 мл дистиллированной воды с

получением суспензии крахмала с концентрацией 20%. Чтобы получить равномерную суспензию использовали магнитную мешалку. Далее рН суспензии поднимали до значения 8 добавлением раствора 1 М NaOH, после температуру поднимали до 50°C. Затем к реакционной суспензии добавляли предварительно определенное количество ледяной уксусной кислоты (1:5, 1:6, 1:7), что приводило к резкому снижению рН. Значение рН возвращали к исходному состоянию добавлением 1 М NaOH. Реакция протекала от 40 до 60 мин, после чего реакцию останавливали, доводя рН до 5,5 путем добавления 1 М HCl, ацетилованный крахмал после осаждения трижды промывали от кислоты дистиллированной водой, а затем сушили при комнатной температуре, после чего анализировали степень замещения, способность к набуханию и растворимость.

Определение содержания ацетильных групп (%) и степени замещения (DS): Для определения степени замещения (DS) процентное содержание ацетильных групп (% Ac) ((1), (2)) определяли титрованием, согласно методу [10]. Ацетилованный крахмал (1,0 г) помещали в колбу на 250 мл и добавляли 50 мл 75% этанола, разбавленного в дистиллированной воде. Образцы нагревали на водяной бане при 50 °C в течение 30 мин и после охлаждения добавляли 40 мл 0,5 н. NaOH, далее смесь выдерживали при перемешивании при 200 об/мин в течение 72 часов. Избыток

щелочи титровали 0,5 н. HCl, используя фенолфталеин в качестве индикатора. Нейтрализованный раствор перемешивали в течение 2 ч и титровали избыток щелочи. Также использовали контрольный образец с использованием и обеспечивает улучшенную стабильность при замораживании-оттаивании. Как и во всех химических реакциях,

ацетилирование зависит от таких факторов, как концентрация реагента, время реакции и pH, которые окончательно определяют количество ацетильных групп [8].

Целью данного исследования является изучение потенциала пшеничного исходного не модифицированного крахмала.

$$\text{АЦЕТИЛ (\%)} = \frac{[(\text{контрольный образец (мл)} - \text{образец (мл)}) \times \text{молальность HCl}] \times 0,043 \times 100}{\text{вес образца (г)}}$$

(1)

$$DS = \frac{162 \times \text{Ацетил (\%)}}{[4300 - (42 \times \text{Ацетил (\%)})]}$$

(2)

Определение растворимости и набухания: Растворимость (WS) и набухание (SP) нативного и ацетилизованного крахмала были определены согласно методу [11]. Образец крахмала 1,0 г (W0) точно взвешивали и количественно переносили в прозрачную высушенную пробирку и повторно взвешивали как W1. Затем крахмал диспергировали в 50 мл дистиллированной воде. Полученную суспензию нагревали при 60 °C в течение 30 мин, при постоянном перемешивании. Смесь

охлаждали до 30 °C и центрифугировали при 100 × g в течение 15 мин в Superspeed

Аликвоты (5 мл) супернатанта сушили до постоянной массы при 110 °C и обозначается как Wc. Остаток, полученный после сушки супернатант представлял количество крахмала, растворенного в воде. Растворимость рассчитывали, как г на 100 г крахмала в пересчете на сухую массу согласно формуле 3.

$$WS = \frac{Wc}{W0} \times \frac{50}{1} \times 100$$

(3)

Супернатант был отделен, набухший крахмал взвешивали как осадок. Остаток, полученный в вышеупомянутом эксперименте (после центрифугирования), с

сохраненной в нем водой количественно переносили в тест на чистую сушку. Пробирка, использованная ранее взвешивалась (W2). Для расчета

способности к набуханию вес остатка был разделен на исходный вес после вычитания растворимости.

Реология ацетилизованного крахмала: Определение реологических свойств крахмалов определялось с помощью RapidViscoAnalyzer (RVA-4500, PertenInstruments, Швеция). К навескам крахмала массой 3 г (в сухом виде), добавляли 25 мл дистиллированной воды, далее образцы сначала уравнивали при 50 °С в течение 1 мин, затем нагревали до 95 °С со скоростью 12 °С/ мин, выдерживали 2,5 мин,

Результаты

Проведенные сравнительные исследования физико-химических свойств нативного пшеничного и картофельного крахмала и их модификаций (таблица 1) показали, что количество амилозы у пшеничного больше, чем у картофельного крахмала, 23,51% и 18,32% соответственно. Физико-

затем охлаждали до 50 °С при 12 °С/мин, выдерживали 2 мин.

Статистический анализ: Все исследования проводились в 3 повторностях, обработка данных проводилась с помощью программ Mathematika 12, IBM SPSS.

Материалы: В работе использовались: картофельный крахмал приобретен в ТОО «СПК Павлодар», пшеничный крахмал предоставлен компанией ТОО «BioOperations», г. Тайынша. Все используемые химические вещества были аналитической степени чистоты.

химические свойства нативных крахмалов будут оказывать существенное влияние на свойства производных, что необходимо учесть при модификации крахмала. Физико-химические показатели указывают на высокое качество образцов нативных крахмалов.

Таблица 1 – Физико-химические свойства крахмалов

Показатель	Нативный пшеничный крахмал	Ацетилованный пшеничный крахмал	Нативный картофельный крахмал	Ацетилованный картофельный крахмал
Влажность, %	9.88±0.0723 ^b	8.1200±0.1306 ^c	10.006±0.0541 ^d	9.2300±0.0096 ^a
Зольность, %	0.2586±0.0162 ^a	0.2425±0,0228 ^c	0,4061±0.0223 ^b	0.4023±0.0128 ^b
Содержание фосфатов, %	0.0375±0.0006 ^a	0.0165±0.0021 ^b	0.0716±0.0014 ^c	0.0559±0.0004 ^a
Содержание белка, %	1.7066±0.0644 ^b	1.2103±0.0488 ^b	0.8300±0.0133 ^c	0.9006±0.0511 ^a
Содержание амилозы, %	23.5100±0,339 ^{9^a}	22.5266±0.444 ^{4^a}	18.3233±0,614 ^{7^a}	18.2126±0.213 ⁵

Содержание липидов, %	0.3347±0,0168 a	0.2101±0,0102 c	0.2369±0,0127 b	0.1659±0,0230 bc
-----------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------

p < 0,05; Среднее значение ± SD от трех повторов

В ацетилованных крахмалах все физико-химические показатели хоть и в незначительной степени, но уменьшаются. Это связано с применением ледяной уксусной кислоты и постоянном поддержании pH суспензии на щелочном уровне в процессе ацетилирования. Высокощелочная среда вымывает липиды, а так как липиды и фосфаты взаимосвязаны и образуют фосфолипидный комплекс потери липидов приводят к уменьшению содержания фосфатов.

Таким образом, исследованиями выявлено, что ацетилирование крахмала приводит к снижению доли амилозы, а также набухаемости крахмала. При этом с увеличением массовой доли амилозы уменьшается растворимость ацетилованных крахмалов и наоборот.

Влияние массовой доли ледяной уксусной кислоты на растворимость в воде и способность к набуханию ацетилованного крахмала представлено в таблице 2 и 3.

Таблица 2 - Влияние различного соотношения ледяной уксусной кислоты и картофельного крахмала на растворимость в воде (WS), способность к набуханию (SP) и степень замещения (DS) ацетилованного крахмала при pH 8

Время (минут)	1:5			1:6			1:7		
	WS g/ 100g	SP %	DS	WS g/ 100g	SP %	DS	WS g/ 100g	SP %	DS
0	5,05± 0,178	6,39± 0,001							
40	6,39± 0,204	6,28± 0,0007	3,08± 0,017	5,06± 0,011	5,89± 0,0003	2,2±0, 026	4,45± 0,495	6,45± 0,0006	3,01± 0,0422
50	4,10± 0,127	5,55± 0,004	3,02± 0,077	5,06± 0,138	5,96± 0,0008	2,97± 0,031	4,56± 0,575	6,46± 0,0009	3,13± 0,0178
60	4,18± 0,128	6,18± 0,001	3,95± 0,004	8,73± 0,149	7,18± 0,0006	3,05± 0,044	3,86± 0,691	6,67± 0,0007	3,15± 0,009

Как видно из таблицы 2, нативный картофельный крахмал обладает низкой способностью к набуханию и растворимостью в воде, которые составляют 5,05 (%) и 6,39 (г/100 г) соответственно.

Содержание амилозы в картофельном и пшеничном крахмале составляет 23,51 и 18,32 %, соответственно.

Таблица 3 свидетельствует о том, что нативный пшеничный

крахмал также, как и нативный картофельный крахмал обладает низкой способностью к набуханию и растворимостью в воде, которые составляют 4,6 (%) и 5,38 (г/100 г) соответственно.

Высокое содержание амилозы в гранулах крахмала приводит к тому, что молекулы амилозы в кристаллической форме становятся более компактными и переплетаются амилопектином. Эти структуры образуют поверхность, гранулы крахмала становятся почти твердыми и препятствуют диффузии молекул воды в гранулы крахмала [10].

Данные закономерности наблюдаются и в пшеничном крахмале, но степени замещение у пшеничного крахмала меньше, чем таковые у картофельного, возможно это связано с увеличенным содержанием амилозы в нативном пшеничном крахмале, так как в процессе ацетилирования амилоза разрушается, и разрушенная молекулярная структура амилозы далее не подвергается ацетилированию, что снижает общую степень замещения.

Таблица 3 - Влияние различного соотношения ледяной уксусной кислоты и пшеничного крахмала на растворимость в воде (WS), способность к набуханию (SP) и степень замещения (DS) ацетилированного крахмала при pH 8

Время (минут)	1:5			1:6			1:7		
	WS g/100g	SP %	DS	WS g/100g	SP %	DS	WS g/100g	SP %	DS
0	4,60±0,211	5,38±0,001							
40	5,44±0,025	6,9±0,001	0,56±0,009	4,11±0,185	6,38±0,002	0,55±0	4,63±0,421	6,85±0,001	0,67±1,1102
50	5,31±0,688	7,2±0,002	0,59±0,008	5,17±0,574	6,63±0,002	0,63±0,004	4,23±0,124	6,60±0,004	0,65±0,009
60	4,95±0,109	6,7±0,0008	0,6±0,018	4,64±0,176	6,64±0,0008	0,65±0,008	4,07±0,728	6,98±0,003	0,62±0,013

Из данных представленных в таблице 4 следует, что наивысший показатель вязкости достигаемый при клейстеризации имеет нативный крахмал, но после ацетилирования данный показатель снижается, возможно это связано с тем, что ацетилирование крахмала

приводит к разрушению надмолекулярной структуры крахмала из-за замещения ацетиловыми группами.

После того как все гранулы крахмала полностью разрушены, амилоза и амилопектин полностью высвобождены из кристаллической

структуры и находятся в свободном движении в суспензии Breakdown, наименьший показатель вязкости, наблюдается у ацелированных образцов, что возможно

обусловлено большей степенью замещения в картофельных крахмалах, которые по сравнению с нативным крахмалом потеряли вязкости в два раза.

Таблица 4 - Реологические свойства нативных и ацелированных картофельных крахмалов

Образец	Peak 1	Trough 1	Breakdown	Final Visc	Setback	Peak Time	Pasting Temp
Контроль	17628.50 ±208.50	2034.00 ±25.00	15594.50 ±183.50	4461.00 ±1788.00	2427.00 0 ±163.00	3.20 ±0.07	71.58 ±0.38
1:5, 40 минут	14927.50 ±56.50	1906.00 ±56.00	13021.50 ±112.50	2383.00 ±329.00	477.00 ±385.00	3.27 ±0.14	71.08 ±0.02
1:5, 50 минут	13039.00 ±187.00	1732.00 ±33.00	11307.00 ±154.00	3616.50 ±694.50	1884.50 0 ±661.50	3.53 ±0.00	72.38 ±0.42
1:5, 60 минут	11091.50 ±554.50	3904.00 ±18.00	7187.50 ±536.50	4063.00 ±111.00	159.00 ±93.00	3.77 ±0.10	72.38 ±0.38

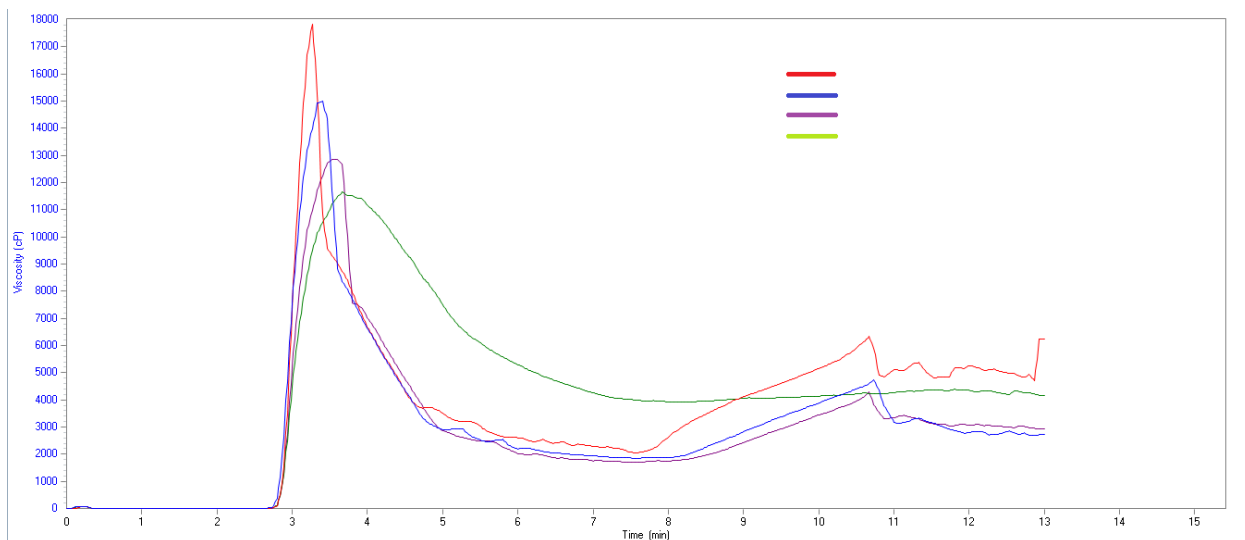


Рисунок 1 – Вискограммы нативного и ацелированных при концентрации 1:7 картофельных крахмалов (— нативный, — - ацелированный в течении 40 минут, — - ацелированный в течении 50 минут, — - ацелированный в течении 60 минут)

Наибольшая разница между пиковой и вязкостью после разрушения гранул нативного картофельного крахмала, вероятно, обусловлена большим размером гранул, в то же время наименьшее значение показывает крахмал ацетилованный в течении 60 минут, что возможно связано с разрушением макромолекулярных

Обсуждение

В настоящее время большая часть ацетилирования крахмала проводится с использованием уксусного ангидрида и винилацетата, которые очень дорогие и опасные для здоровья человека. В этой работе в качестве модифицирующего агента использовалась ледяная уксусная кислота.

Значения степени замещения в крахмалах растут только на начальных этапах реакции ацетилирования, что возможно связано с реологией крахмалов, общих для картофельного и пшеничного, во время набухания и клейстеризации. Гранулы впитывают в себя воду и удерживают ее в себе при этом набухая и увеличивая вязкость, так как процесс ацетилирования проводился в среде с температурой 53 °С, этот эффект ярко выражен в образцах, где реакционная среда имеет большее количество ледяной уксусной кислоты. Вобрав в себя реакционную среду, внутри гранул идет бурная реакция, но с увеличением времени реакции надмолекулярные структуры удерживающие структуры гранулы разрушаются и ацетилирующий агент больше не может вести

структур в процессе ацетилирования.

Вискограммы показывают, что время ацетилирования имеет прямое влияние на время достижения пика вязкости, таким образом увеличивая водорезистентные свойства крахмалов.

реакцию ацетилирования, так как реакционная поверхность уже ацетилирована из-за агрессивной начальной реакции. С уменьшением количества ацетилирующего агента наблюдается более равномерное течение реакции, гранулы, разрушенные после вбирания в себя максимального количества влаги все еще имеют точки доступа для замещения ацетильными группами, реакция протекает медленнее, но глубже. Данное явление так же было обнаружено [9].

Таблицы 2 и 3 также показывают, что использование большего количества ледяной уксусной кислоты, для ацетилирования, не всегда увеличивает растворимость крахмала в воде. Растворимость больше зависит от времени прохождения реакции. Аналогичный результат был также получен Сингхом и др. [7] по ацетилированию кукурузного и картофельного крахмалов и Райной и др. (2006) [12], которые изучали ацетилирование рисового крахмала. Из данных таблиц 2 и 3 следует, что увеличение времени реакции не всегда улучшает растворимость

крахмала в воде в соответствии с увеличением степени замещения. Высокое содержание амилозы в пшеничном крахмале замедляет скорость реакции ацетилирования, а также увеличение степени ацетилирования. При низкой степени замещения крахмальные гранулы преимущественно имеют кристаллическую или ретроградную форму, которые нерастворимы в воде при температуре окружающей среды. Низкая скорость реакции ацетилирования с увеличением содержания амилозы может быть обусловлена кристаллами или комплексами амилозы.

Согласно данным таблиц 2 и 3 степень замещения в крахмалах, полученных ацетилированием уксусной кислотой различными концентрациями и при различном

Заключение

Сравнительные исследования физико-химических свойств полисахаридов и их модификатов показали, что ацетилирование приводит к снижению доли амилозы в крахмале, а также снижает набухаемость.

Выявлено, что с уменьшением количества ацетилирующего агента наблюдается более равномерное течение реакции. Гранулы, разрушенные после вбирания в себя максимального количества влаги все еще имеют точки доступа для замещения ацетильными группами, реакция протекает

времени, можно считать высоким, так как их предел колеблется от 0,55 до 4,56. В связи с чем, увеличение набухания гранул после ацетилирования не было пропорционально введению ацетильных групп. Josiane Bartz и другие (2015) [13] в своих исследованиях также свидетельствуют о том, что ацетилирование способствовало увеличению набухания гранул во всех модифицированных крахмалах; однако увеличение набухания гранул после ацетилирования не было пропорционально введению ацетильных групп, которые были более значительными в крахмалах с низким DS (0,047 и 0,098) и менее значимыми на крахмале с более высоким DS (0,125).

медленнее, но глубже. Растворимость больше зависит от времени прохождения реакции.

В процессе исследований определены оптимальные технологические параметры получения ацетилированных картофельного и пшеничного крахмалов. Так, для картофельного крахмала оптимальными являются: концентрация уксусной ледяной кислоты 1:5, время реакции 60 минут; для пшеничного крахмала: концентрация уксусной ледяной кислоты 1:7, длительность реакции 40 минут.

Информация о финансировании

Данное исследование профинансировано Государственным Учреждением «Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан» в рамках грантового финансирования (грант №AP08857439)

Список литературы

1 E. Ojogbo, E.O. Ogunsona, T.H. Mekonnen, Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials [Текст], *Materials Today Sustainability*, [https:// doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100028](https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100028).

2 Buleon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball: Starch granules: structure and biosynthesis [Текст], *Int. J. Biol. Macromol.* 1998, 23, 85–112.

3 Araújo M. A., Cunha A., Mota M.: Enzymatic degradation of starch-based thermoplastic compounds used in protheses: Identification of the degradation products in solution [Текст], *Biomaterials*, 25, 2687–2693 (2004). DOI: 10.1016/j.biomaterials.2003.09.093

4 Zhang J-F., Sun X. Z.: Mechanical properties of PLA/starch composites compatibilized by maleic anhydride [Текст]. *Biomacromolecules*, 5, 1446–1451 (2004). DOI: 10.1021/bm0400022

5 Peltonen, S., & Harju, K. (1996). Application and methods of preparation of fatty acid esters of polysaccharides [Текст]. *US Patent*, 5, 589577

6 Luo, Z., Fu, X., He, X., Luo, F., Gao, Q., & Yu, S. (2008). Effect of Ultrasonic Treatment on the Physicochemical Properties of Maize Starches Differing in Amylose Content [Текст], *Starch - Stärke*, 60(11), 646–653. doi:10.1002/star.200800014

7 Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review [Текст], *Food hydrocolloids*, 21(1), 1-22

8 P. J. Jenkins, R. E. Cameron, A. M. Donald: A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources [Текст], *Starch/Stärke* 1993, 45, 417–420.

9 Kumoro A.C. Preparation and characterization of physicochemical properties of glacial acetic acid modified Gadung (*Diocorea hispida* Dennst) flours [Текст] / A. C. Kumoro, R. Amalia, C.S. Budiyati, D.S. Retnowati, R. Ratnawati // *Journal of Food Science and Technology* – 2015. Т. 10, № 52. – P. 6615–6622. doi:10.1007/s13197-015-1723

10 Wurzburg O.B. Converted starches. *Modified starches: Properties and uses* [Текст] / O.B. Wurzburg. – Orlando: Orlando University Press, 1986. – 403p.

11 Li J. Relationships between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches [Текст] / J. Li, A. Yeh // *Journal of Food Engineering* – 2001. № 50. – P. 141-148. [http://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00236-3](http://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00236-3)

12 Raina C.S. Some characteristics of acetylated, cross-linked and dual modified Indian rice starches [Текст] / C.S. Raina , S. Singh, A.S. Bawa // *Eur.*

Food. Res. Technol. – 2006. № 223. P. 561–570. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0239-z>

13 Bartz J. Acetylation of barnyardgrass starch with acetic anhydride under iodine catalysis [Текст] / J. Bartz, J.T. Goebel, M.A. Giovanaz, E. da Rosa Zavareze, M.A. Schirmer, A.R. Guerra Dias // Food Chemistry – 2015. T. 6, №23. – P. 178–242.

References

1 E. Ojogbo, E.O. Ogunsona, T.H. Mekonnen, Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials, *Materials Today Sustainability*, <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100028>.

2 Buleon, P. Colonna, V. Planchot, S. Ball: Starch granules: structure and biosynthesis. *Int. J. Biol. Macromol.* 1998, 23, 85–112.

3 Araújo M. A., Cunha A., Mota M.: Enzymatic degradation of starch-based thermoplastic compounds used in prostheses: Identification of the degradation products in solution. *Biomaterials*, 25, 2687–2693 (2004). DOI: 10.1016/j.biomaterials.2003.09.093

4 Zhang J-F., Sun X. Z.: Mechanical properties of PLA/starch composites compatibilized by maleic anhydride. *Biomacromolecules*, 5, 1446–1451 (2004). DOI: 10.1021/bm0400022

5 Peltonen, S., & Harju, K. (1996). Application and methods of preparation of fatty acid esters of polysaccharides. US Patent, 5, 589577

6 Luo, Z., Fu, X., He, X., Luo, F., Gao, Q., & Yu, S. (2008). Effect of Ultrasonic Treatment on the Physicochemical Properties of Maize Starches Differing in Amylose Content. *Starch - Stärke*, 60(11), 646–653. doi:10.1002/star.200800014

7 Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food hydrocolloids*, 21(1), 1-22

8 P. J. Jenkins, R. E. Cameron, A. M. Donald: A universal feature in the structure of starch granules from different botanical sources. *Starch/Stärke* 1993, 45, 417–420.

9 Kumoro A.C. Preparation and characterization of physicochemical properties of glacial acetic acid modified Gadung (*Diocorea hispida* Dennst) flours / A. C. Kumoro, R. Amalia, C.S. Budiayati, D.S. Retnowati, R. Ratnawati // *Journal of Food Science and Technology* – 2015. T. 10, № 52. – P. 6615–6622. doi:10.1007/s13197-015-1723

10 Wurzburg O.B. *Converted starches. Modified starches: Properties and uses* / O.B. Wurzburg. – Orlando: Orlando University Press, 1986. – 403p.

11 Li J. Relationships between Thermal, Rheological Characteristics and Swelling Power for Various Starches / J. Li, A. Yeh // *Journal of Food Engineering* – 2001. № 50. – P. 141-148. [http://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00236-3](http://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00236-3)

12 Raina C.S. Some characteristics of acetylated, cross-linked and dual modified Indian rice starches. / C.S. Raina , S. Singh, A.S. Bawa // Eur. Food. Res. Technol. – 2006. № 223. P. 561–570. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0239-z>

13 Bartz J. Acetylation of barnyardgrass starch with acetic anhydride under iodine catalysis / J. Bartz, J.T. Goebel, M.A. Giovanaz, E. da Rosa Zavareze, M.A. Schirmer, A.R. Guerra Dias // Food Chemis-try – 2015. Т. 6, №23. – P. 178–242.

**КАРТОП ЖӘНЕ БИДАЙ КРАХМАЛЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-
ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ АЦЕТИЛЕНДІРУДІҢ ӘСЕРІН
ЗЕРТТЕУ**

Ермеков Ерназ Ермекович

2 курс докторанты

С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті

Нұр-Сұлтан, Қазақстан

E-mail: YernazYermekov@outlook.com

Тоймбаева Дана Болатовна

2 курс докторанты

Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы

университеті

Янлин, ҚХР

E-mail: bio.dana@mail.ru

Каманова Светлана Георгиевна

2 курс докторанты

Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы

университеті

Янлин, ҚХР

E-mail: kamanovasveta@mail.ru

Мурат Линара Азаматқызы

Кіші ғылыми қызметкер

С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті

Нұр-Сұлтан, Қазақстан

E-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru

Мұратхан Марат

2 курс докторанты

Солтүстік-Батыс ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы

университеті

Янлин, ҚХР

E-mail: muratkhanm@mail.ru

Айдарханова Гульнар Сабитовна

Биология ғылымдарының докторы, доцент

С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті
Нұр-Сұлтан, Қазақстан
E-mail: exbio@yandex.ru

Оспанкулова Гульназым Хамитовна

Биология ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы
С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университеті
Нұр-Сұлтан, Қазақстан
E-mail: bulashevag@mail.ru

Түйін

Ацетилендіру крахмалдардың суға төзімділік қасиеттерін арттырады, бұл композиттік биологиялық ыдырайтын материалдарды алу үшін оларды пайдалану кезінде маңызды. Бұл мақалада бидайдың және картоп крахмалдарының мұзды сірке қышқылымен ацетилендіруінің полисахаридтердің физикалық-химиялық қасиеттеріне әсері және биоыдырайтын қабықшалардың композиттік қоспасын алу үшін модификацияланған крахмалдардың пайдалану мүмкіндіктерін зерттеу нәтижелері берілген. Полисахаридтер мен олардың модификаторларының физика-химиялық қасиеттерін салыстырмалы зерттеулер ацетилендірілген крахмалдағы амилоза үлесінің төмендеуіне әкелетінін, сонымен қатар крахмалдың ісінуін азайтатынын көрсетті.

Крахмалдардағы орынбасу дәрежесі тек ацетилдену реакциясының бастапқы кезеңдерінде жоғарылайтыны анықталды, бұл ісіну және желатинизация кезінде крахмалдарға ортақ реологиясына байланысты болуы мүмкін. Ацетилдеу агентінің мөлшері азайған кезде реакцияның біркелкі жүруі байқалады, ылғалдың максималды мөлшерін сіңіргеннен кейін түйіршіктер әлі де ацетил топтарымен алмасу реакциясы жүру үшін кіру нүктелеріне ие, реакция баяу, бірақ тереңірек жүреді. Модификацияланған крахмалдардың ерігіштігі реакция уақытына көбірек тәуелді.

Ацетилденген крахмалдарды өндірудің оңтайлы технологиялық параметрлері анықталды. Сонымен, картоп крахмалы үшін мыналар оңтайлы: сірке мұз қышқылының концентрациясы 1:5, реакция уақыты 60 минут; бидай крахмалы үшін: сірке мұзды қышқылының концентрациясы 1:7, реакция уақыты 40 минут.

Кілт сөздер: бидай крахмалы; картоп крахмалы; амилоза; ісіну; ерігіштік; ацетилдену; реология.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ACETYLATION ON THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF POTATO AND WHEAT STARCH

Yermekov Yernaz Yermekovich
Doctoral student

*S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University
Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: YernazYermekov@outlook.com*

*Toimbaeva Dana Bolatovna
Doctoral student
Northwestern University of Agriculture and Forestry University
Yangling, China
E-mail: bio.dana@mail.ru*

*Kamanova Svetlana Georgievna
Doctoral student
Northwestern University of Agriculture and Forestry University
Yangling, China
E-mail: kamanovasveta@mail.ru*

*Murat Linara Azamatkyzy
Master of technical sciences. Science officer
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University
Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: linaraazamatkyzy@mail.ru*

*Muratkhan Marat
Doctoral student
Northwestern University of Agriculture and Forestry University
Yangling, China
E-mail: muratkhanm@mail.ru*

*Aidarkhanova Gulnar Sabitovna
Doctor of Biological Sciences, Associated professor
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University
Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: exbio@yandex.ru*

***Ospankulova Gulnazym Khamitovna**
Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical University
Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: bulashevag@mail.ru*

Annotation: Acetylation increases the water-resistant properties of starches, which is important when using them to obtain composite biodegradable materials. This article presents the results of studies on the effect of acetylation of native wheat and potato starches with glacial acetic acid on the physicochemical properties of polysaccharides and the study of the potential of using modified

starches to obtain a composite mixture of biodegradable films. Comparative studies of the physicochemical properties of polysaccharides and their modifiers have shown that acetylation leads to a decrease in the proportion of amylose in starch, and also reduces the swelling of starch.

It was found that the degree of substitution in starches increases only at the initial stages of the acetylation reaction, which is possibly due to the rheology of starches common to starches during swelling and gelatinization. With a decrease in the amount of the acetylating agent, a more uniform course of the reaction is observed, the granules destroyed after absorbing the maximum amount of moisture still have access points for substitution with acetyl groups, the reaction proceeds more slowly, but deeper. The solubility of modified starches is more dependent on the reaction time.

The optimal technological parameters for the production of acetylated starches have been determined. So, for potato starch, the following are optimal: the concentration of acetic glacial acid is 1:5, the reaction time is 60 minutes; for wheat starch: concentration of acetic glacial acid 1:7, reaction time 40 minutes.

Key words: wheat starch; potato starch; amylose; swelling; solubility; acetylation; rheology.