

УДК 663.331

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-155-1-11-15>

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ НА КРАХМАЛ

А.М. Мазур,

*профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки БГАТУ,
докт. техн. наук, профессор*

Е.В. Таразевич,

*профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки БГАТУ,
докт. с.-х. наук, профессор*

Представлена биохимическая характеристика клеточного сока и мезги при производстве картофельного крахмала. Определены возможности переработки клеточного сока на картофельный белок, а мезги на клетчатку.

Ключевые слова: крахмал, белок, клеточный сок, мезга, клетчатка.

The biochemical characteristics of cell juice and pulp in the production of potato starch are given. The possibilities of processing cell juice into potato protein and pulp into cellulose have been determined.

Key words: starch, protein, cell juice, pulp, fiber.

Введение

Мировое производство картофеля в настоящее время составляет 350 млн т. Ведущими странами по выращиванию картофеля являются:

- Китай – 73 млн т;
- Россия – 36 млн т;
- Украина – 19,5 млн т;
- США – 19,1 млн т;
- Германия – 11,2 млн т;
- Польша – 11,0 млн т;
- Голландия – 6,8 млн тонн.

В Республике Беларусь производство картофеля снизилось с 11 млн т до 7,0 млн, из которых 5 млн т выращивается частным сектором. Государственный сектор производит всего около 2 млн т против 5-6 млн ранее. Выращивание и переработка картофеля на крахмал и другие продукты были приоритетным направлением функционирования агропромышленного комплекса. На 22 специализированных заводах выпускалось более 25 тыс. т крахмала в год, 80 % которого отгружалось на экспорт. В настоящее время в республике функционирует 13 картофелеперерабатывающих предприятий, которые производят менее 20 тыс. т картофельного крахмала, из которых 9 тыс. т поставляется на экспорт. В то же время Республика Беларусь импортирует более 12 тыс. т нативного и модифицированного крахмала. Что касается сырья для производства картофельного крахмала, то в республике имеется около 10 сортов картофеля с относительно высокой крахмалистостью (18-25 %), реко-

мендованных для производства крахмала. Однако средняя крахмалистость картофеля, поступающего на крахмальные заводы, составляет менее 15 %.

В странах Европы содержание крахмала в сортах картофеля, идущего на переработку, составляет 24-28 %.

Исследования сортов картофеля белорусской селекции по биохимическим и технологическим показателям, пригодным для промышленной переработки, проводились учеными Козловой Л.Н. [1] и Маханько В.Л. [2].

Действующие предприятия в нашей стране имеют небольшие мощности, позволяющие переработать 100-300 т картофеля в сутки, что экономически не оправдано. За рубежом все крахмальные предприятия давно имеют мощности не менее 600-1000 т переработки картофеля в сутки. В то же время существующие мощности крахмальных заводов республики используются на 60-70 %, а иногда и на 30-50 %. Основная причина заключается в отсутствии сырья для получения нативного крахмала и в недостатке мощностей для переработки этого крахмала на модифицированный.

Исследованиями экономической эффективности переработки картофеля на крахмал занимались ученые – Королев Д.Д. [3] и Старовойтов В.Н. [4].

Исследования по определению основных факторов, влияющих на выбор существующей технологии производства картофельного крахмала в республике, проводили ученые Маханов Н.М. [5], Мазур А.М. [6]. Ими установлено, что технология использования су-

хого вещества картофеля несовершенна. Кроме крахмала, получается только отход – картофельная мезга, обычно содержащая 94-96 % влаги и клеточный сок, который содержит белок, растворимые углеводы, минеральные вещества, они переходят в сточные воды, теряются и при этом загрязняют естественные водоемы.

Исходя из изложенного выше, можно заключить, что одним из самых острых недостатков крахмальной отрасли является отсталая существующая технология производства картофельного крахмала, как по использованию сухого вещества картофеля, так и по экологической безопасности предприятий.

Целью настоящей работы является рассмотрение возможных исследований и наработок по коренному усовершенствованию технологии и организации производства картофельного крахмала – создание безотходной экологически чистой технологии.

Основная часть

Работающие предприятия по производству картофельного крахмала в виде готовой продукции получают только крахмал (до 68 %) от массы сухих веществ картофеля, остальные сухие вещества попадают в отходы, причем половина их теряется со сточной водой [7].

В мезгу переходит крахмал в связанном (в неразорванных клетках) и свободном состоянии. Количество крахмала в мезге зависит от качества измельчения картофеля и степени отмывания свободного крахмала на ситах (обычно в мезге свободного крахмала не больше 3-4 %). Связанного крахмала в мезге бывает от 40 до 60 % к массе сухого вещества мезги. Всего в мезгу переходит сухих веществ от 3 до 6 % к массе перерабатываемого картофеля [8].

В таблице 1 представлено распределение сухих веществ в картофеле, продуктах, получаемых из него, и отходах.

Мезга в сыром и силосованном виде широко используется в качестве корма для животных, но она

является углеводным кормом, и ее целесообразно употреблять в смеси с другими необходимыми для животных кормами, богатыми белками, жирами и др.

Клеточный сок имеет концентрацию сухих веществ от 0,6 до 1,0 % и выше в зависимости от схемы технологического процесса и работы ситовой станции. По данным Т.Л. Лебедевой [9], состав клеточного сока имеет следующие показатели (% к массе сухих веществ):

- Крахмал – 6,62;
- Белок (N x 6,25) – 32,77;
- Клетчатка – 0,18;
- Глюкоза – 6,92;
- Зола – 16,35;
- Прочие вещества – 37,16.

Состав клеточного сока может сильно изменяться в зависимости от сорта перерабатываемого картофеля и его состояния (свежеубранный, лежалый, мороженный, гнилой).

Многие картофелекрахмальные заводы в Республике Беларусь не используют сухие вещества клеточного сока, спуская его после самой примитивной очистки в отстойниках в естественные водоемы. Полная очистка сточных вод – дорогостоящая операция, требующая больших капиталовложений и крупных строительно-монтажных работ. Поэтому рациональное использование сухих веществ клеточного сока представляет собой важную народнохозяйственную проблему.

В то же время за последние годы отечественными и зарубежными учеными проведены исследования по эффективному использованию отходов крахмального производства – мезги и клеточного сока.

Так, по данным Л.Д. Максимовой [9], при нагреве паром разбавленного в соотношении 1:1 клеточного сока (температура – от 65 до 100 °С; давление пара – 2 кг/см²) можно выделить 31-36 % белка от массы общего азота, содержащегося в растворе клеточного сока. Оптимальная температура нагрева составляет 80-85°С. Влажность белкового осадка, выделенного

Таблица 1. Распределение сухих веществ в картофеле, продуктах, получаемых из него, и отходах (средние показатели)

Составные части картофеля	Содержание, %			
	в картофеле	в крахмале	в мезге	в сточной воде
Крахмал	18,50	15,82	2,30	0,38
Клетчатка	1,15	-	1,15	-
Растворимые углеводы	1,10	-	0,13	0,97
Азотистые вещества	2,00	-	0,24	1,76
Жиры	0,15	-	0,02	0,13
Минеральные вещества	1,00	0,09	0,24	0,67
Прочие вещества	1,00	0,02	0,41	0,67
Итого:	25,00	15,93	4,49	4,58
	100,0 %	63,7 %	18,0 %	18,3 %

при тепловой коагуляции – 88-96 %. Ее можно уменьшить обработкой шлама на ситах (до 90 %) и прессованием (до 78 %).

На заводе Майцена (Германия) [10] из картофельной кашки после терки на осадительных центрифугах отделяют до 45 % клеточного сока с содержанием 5,5 % сухого вещества. Такой сок упаривают в выпарках под вакуумом и высушивают до влажности 8 %. Мезгу отпрессовывают и сушат до влажности 10 %. Смесь сухого белка и сухой мезги в соотношении 1:1 дает концентрированный корм, содержащий около 20 % протеина. Из одной т картофеля получается 54 кг такого корма при расходе на один его кг 10 кг пара.

В Голландии клеточный сок концентрируют выпариванием под вакуумом до 30 °С_A и потом высушивают на распылительной сушилке до влажности 10 %. Отжатую на прессах мезгу также высушивают и смешивают с сухим клеточным соком в таком соотношении, чтобы получился сухой корм с содержанием протеина 20 %.

Можно также подвергнуть клеточный сок тепловой коагуляции, отделить белковый шлам и выпарить фильтрат.

Смешивание прессованной мезги, отцеженного шлама и упаренного клеточного сока дает ценный корм, реализуемый в сыром виде. В этом случае наиболее дорогая обработка – высушивание не требуется [11].

Возможны и другие варианты отделения ценных веществ и обработки отходов картофелекрахмального производства. При выборе соответствующего способа в первую очередь нужно исходить из народнохозяйственных интересов, помня о недопустимости сброса неочищенных сточных вод в естественные водоемы и о возможности использования ценных составных частей (в особенности белка) для нужд животноводства и орошения полей. Необходимо также предусматривать наименьшие затраты при сооружении и эксплуатации подобных сооружений.

Из клеточного сока путем термообработки, обезвоживания и сушки получают картофельный белок [12]. Так, завод в Швеции при переработке 300 тыс. т картофеля в год получает 60 тыс. т крахмала и 2,5-3,0 тыс. т белка. В связи с большим спросом на картофельный белок на мировом рынке, в Германии начали выращивать картофель, в котором содержание белка достигает 3,5-4,0 %.

Картофельный белок превосходит соевый белок и является одним из лучших белков растительного происхождения, содержит значительное количество высоко усваиваемого лизина и треонина, незаменимые аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме человека и животного.

Высокопитательный и хорошо усваиваемый картофельный белок является ценным компонентом кормовых смесей для животных и превосходным заменителем животного белка. Пищевое и кормовое значение белков картофеля связано с их аминокислотным составом. Считается, что наиболее полноценный белок содержится в курином яйце. Если биологическую питательную ценность куриного яйца принять за 100 %, то ценность белка пшеницы составит 64 %, а белка картофеля – 85 %.

Максимальное содержание белка в белорусских сортах картофеля составляет: сорт Отрада – 3,8 %, сорт Лидер – 3,5 %.

Получаемый картофельный белок – порошок светло-коричневого или серого цвета без запаха, его влажность составляет 10 %, усвояемость – 96 %.

На Солигорском калийном комбинате были проведены исследования и производственные испытания по переработке картофеля на крахмал и реагент, организовано производство переработки более 30 тыс. т картофеля в год. Для производства реагента использовали картофельную мезгу с 2 и 3-кратным истиранием на дезинтеграторах. Работы проводились в ООО «Активные технологии» (г. Минск) с конструкторским сопровождением Всесоюзного научно-исследовательского института по продуктам питания из картофеля.

Схема процесса производства картофельной клетчатки аналогична производству реагента с дополнением процесса обезвоживания и сушки. Использование данной схемы позволило, кроме утилизации мезги, сократить содержание азотистых веществ в сточных водах на 50-60 %, снизить водопотребление на 40-50 % [13].

Клетчатка – натуральный продукт из картофельной мезги, с нейтральным вкусом и запахом. Она полезна для человека и имеет идеальный состав, в котором содержится пектин и гемицеллюлоза – 47 %, целлюлоза – 23 %, крахмал – 12 %, протеин – 5 %, минеральные вещества – 4 %, жир – 0,3 %, вода – 10 %. Калорийность ее составляет только 75 Ккал на 100 г. Клетчатка предотвращает заболевания сердечно-сосудистой системы и кишечника, она способна даже предотвратить рак толстой кишки, выгодна для людей с лишним весом, т.к. положительно влияет на содержание сахара и инсулина в крови. Продукты, в избытке содержащие волокна, соответственно воспринимаются как несущие здоровье, и им отдают предпочтение покупатели. Клетчатка содержит большое количество диетического волокна, едва ли не в два раза превышающее содержание его в пшеничных отрубях. Картофельные волокна имеют идеальный состав. Они содержат пектин и гемицеллюлозу, которые влияют на метаболизм также хорошо, как целлю-

лоза, и также положительно влияют на функцию кишечника. Клетчатка используется в мясоперерабатывающей, хлебопекарной, кондитерской и других отраслях перерабатывающей промышленности.

Преимущество применения клетчатки:

- уникальная способность связывать воду (12-13 частей) и жир (4-5 частей);
- стабильность при низкой и высокой температурах;
- стойкость при различных значениях pH и видах обработки;
- повышает пышность, увеличивает срок хранения и замедляет черствость хлеба.

Дозировка клетчатки в мясных продуктах составляет от 0,3 до 1,5 % от общего объема. Для продуктов с высоким содержанием жира рекомендуемая доза – 1 %.

Экономическая эффективность производства картофельного крахмала с утилизацией мезги имеет относительно высокие показатели.

В странах Европы, таких как Германия, Польша, Бельгия, Швеция и многих других, где создана многотоннажная переработка картофеля на крахмал, предприятия полностью перерабатывают получаемые отходы: мезгу на клетчатку, а клеточный сок на белок. Это дает возможность иметь безотходное экологически чистое высокорентабельное предприятие. При стоимости крахмала на европейском рынке до 500 евро за одну тонну, стоимость картофельного белка и клетчатки составляет более 1200-1300 евро за тонну.

Так, на крахмальном предприятии в Швеции производительностью 100 т картофеля в час, выпускается 21 т крахмала в час, 10 т мезги в час, 75 м³ клеточного сока, который перерабатывают на клетчатку и белок. Рентабельность производства составляет 25-35 %, предприятие экологически чистое и не имеет негативного влияния на окружающую среду.

По вопросу выращивания картофеля в нашей республике есть положительные примеры. Так, Марьиногорское предприятие ОАО «Машпищепрод», площадь которого составляет 600 га, используя отечественные сорта картофеля Журавинка, Бриз, Старт и другие, при среднем содержании сухих веществ в картофеле 20-24 % имеет урожайность 350 ц/га и обеспечивает производственную программу предприятия.

Заключение

Для создания высокорентабельного производства по переработке картофеля на крахмал в Республике Беларусь необходимо:

- создать сырьевые зоны по выращиванию и переработке картофеля по примеру сахарных предприятий, где можно было бы выращивать картофель с содержанием крахмала 24-25 %, белка – 3-4 %, урожайностью – 350-450 ц/га. Это позволит создать предприятия с мощностью 600-1000 т переработки сырья в сутки;
- использовать существующие исследовательские наработки по утилизации мезги и клеточного сока, изучить имеющийся зарубежный опыт и внедрять в Республике Беларусь технологию производства картофельного крахмала с полной утилизацией вышеуказанных отходов на белок и клетчатку, что позволит иметь высокорентабельное, экологически чистое предприятие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлова, Л.Н. Оценка картофеля по биохимическим и технологическим показателям качества клубней в селекции сортов, пригодных для промышленной переработки.: автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.05 /Л.Н. Козлова; Национальная академия наук Беларуси. – Минская обл, пос. Самохваловичи, 2005.- 24 с.
2. Сорта картофеля белорусской селекции. Каталог / В.Л. Маханько [и др.] // Минск: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – 2018. – 42 с.
3. Королев, Д.Д. Производство картофелепродуктов в Голландии и Германии. /Д.Д. Королев // Пищевая промышленность. – 1990. – №4. – С. 66-69.
4. Старовойтов, В.И. Переработка картофеля экономически целесообразно /В.И. Старовойтов // Картофелеводство. – 2008. – № 7. – С. 2-3.
5. Производство картофелепродуктов: справочник / Н.М. Маханов [и др.]. – М.: Агропроизводство, 1987. – С. 245.
6. Основные факторы, влияющие на выбор технологии производства крахмала из картофеля /А.М. Мазур //Агропанорама. – 2019. – № 2. – С. 27-29.
7. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Под ред. Н.Н. Трегубова –5-е изд., перераб. и доп. / М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.
8. Производство картофелепродуктов / Н.А. Жоровин и [др.]; под общ. ред. Н.А. Жоровина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 248 с.
9. Химический состав клубней картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/5/5413.html>. – Дата доступа: 16.12. 2018.
10. Ноу-хау в выделении картофельного белка от LARSSON [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://ads.produkt.by/www>. – Дата доступа: 01.12.2010.

11. Пазирук, К.И. Использование отходов при комплексной переработке картофеля / К.И. Пазирук. – М.: ЦИНТИпищепром, 1969. – С. 12.

12. Горун, Е.Г. Научные основы технологии консервирования продуктов питания из картофеля: авто-

реф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.18.13 / Е.Г. Горун. – Одесса, 1988. – 32 с.

13. Мазур, А.М. Машины и оборудование для переработки картофеля: монография /А.М. Мазур. – М. – 1999. – 372 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.02.2023

Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/55 с регулируемой шириной захвата

Предназначен для гладкой вспашки старопахотных слабокаменистых почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа и влажностью обрабатываемого слоя до 22 %. Плуг агрегируется с тракторами «Беларус 1221», «Беларус 1522» с установленными передними балластными грузами массой 450 кг и с балластировкой колес трактора раствором.



Основные технические данные

Тип	навесной
Производительность за 1 ч основного времени, га	0,84 ... 1,48
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч	7 – 9
Глубина пахоты, см	до 27
Конструкционная ширина захвата плуга, м	1,20/1,35/1,50/1,65
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм	700
Расстояние между корпусами по ходу плуга, мм, не менее	750
Количество корпусов, шт.: право- / левооборачивающих	3/3
Тип корпуса	полувинтовой
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм	400/450/500/550
Масса плуга конструкционная с комплектом рабочих органов для выполнения основной технологической операции, кг	1120 ± 50
Габаритные размеры плуга в рабочем положении, мм, не более	4200x2000x1520
Транспортная скорость, км/ч, не более	15
Дорожный просвет, мм, не менее	300