

*Разработана инновационная и импортозамещающая технология производства сухого концентрата в совмещенной технологии переработки картофеля на крахмал и концентрат, которая состоит из участка механического обезвоживания (насос, центробежное сито, накопительная емкость мезги, конвейер, ленточный пресс, накопительная емкость клеточного сока) и участка сушки мезги (конвейер, смеситель, конвейер-распределитель, сушильная установка, транспортер).*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СУХОГО КОНЦЕНТРАТА И КРАХМАЛА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З.В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корр. НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор;*

*Д.А. Зайченко, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по инновационной работе и внедрению;*

*Н.Н. Петюшев, кандидат технических наук, начальник отдела продукции из корнеклубнеплодов;*

*С.А. Арнаут, кандидат технических наук, и. о. начальника отдела новых технологий и техники;*

*А.А. Литвинчук, кандидат технических наук;*

*В.В. Литвяк, доктор технических наук, доцент;*

*И.М. Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук, начальник Республиканского контрольно-испытательного комплекса по качеству и безопасности продуктов питания*

**Введение.** При переработке картофеля на крахмал образуются побочные продукты – картофельная мезга и клеточный (картофельный) сок. В настоящее время для многих отечественных предприятий, перерабатывающих картофель на крахмал, остро стоит вопрос утилизации побочных продуктов. Эти продукты до настоящего времени используются сезонно на корм скоту и ввиду высокой их влажности зачастую портятся, загрязняя окружающую среду [1-3].

На сегодняшний день отечественная технология обезвоживания и сушки картофельной мезги отсутствует. Поэтому целесообразно провести исследования по разработке отечественной конкурентоспособной технологии обезвоживания и сушки картофельной мезги, что позволит повысить общую эффективность картофелекрахмальных заводов Республики Беларусь и более широко вовлечь в сферу комбикормовой промышленности отходы крахмалопаточной отрасли пищевой промышленности.

Цель – разработать технологию производства сухого концентрата мезги в совмещенной технологии переработки картофеля на крахмал и концентрат.

**Объект и методы исследований.** Объектом исследований являлась сухая картофельно-крахмальная мезга и промежуточные продукты ее концентрирования (отжатая и неотжатая сырая картофельно-крахмальная мезга и клеточный сок), а так же технологическое оборудование, предназначенное для концентрирования мезги.

**Фотографирование.** Фотографирование (макросъемку) проводили с помощью фотоаппарата SONY NEX-5N (Таиланд).

**Световая микроскопия.** Микроструктура исследована с помощью светового микроскопа Olympus CX41RF (увеличение в 40 раз), камера ALTRA 20 Soft Imaging Sistem (Япония).

*Сканирующая электронная микроскопия.* Морфологическая структура оценена на сканирующем электронном микроскопе LEO 1420 (Germany). Металлизацию препаратов осуществляли золотом в вакуумной установке ЕМТЕСН К 550Х.

*Физико-химические исследования.* Физико-химические свойства определены с использованием общепринятых стандартизированных методик МУК 4.1.986-00, ГОСТ Р 53182-2008, ГОСТ Р 53183-2003, МВИ МН 4475-2012, МВИ МН 1363-2000, ГОСТ 7698-93, ГОСТ 26188-84, ГОСТ 13496.2-91.

**Результаты и их обсуждение.** В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в рамках задания 2.8 «Усовершенствовать технологию и разработать комплект оборудования безотходной переработки картофеля с выходом продукции: нативный и модифицированный крахмал, сухой концентрат» программы Союзного государства «Инновационное развитие производства картофеля топинамбура на 2013-2016 гг.» разработана инновационная и импортозамещающая технология производства сухого концентрата в совмещенной технологии переработки картофеля на крахмал и концентрат.

**Технологическая схема.** Производство сухого концентрата картофельной мезги осуществляется в следующей последовательности:

- ♦ механическое обезвоживание жидкой картофельной мезги;
- ♦ подготовка мезги перед сушкой;
- ♦ сушка мезги.

Технологическая линия производства сухого концентрата в совмещенной технологии переработки картофеля на крахмал и концентрат состоит из двух участков: участок механического обезвоживания мезги и участок сушки мезги (рис. 1).

*Технологическая схема участка механического обезвоживания мезги.* На участке механического обезвоживания мезги предусмотрено последовательное осуществление следующих технологических операций:

- ♦ предварительное обезвоживание мезги на центробежном сите с целью удаления основной массы свободной влаги;
- ♦ дополнительное механическое обезвоживание на ленточном прессе.

Жидкая картофельно-крахмальную мезгу при помощи насоса (1) подается на центробежное сито (2). На центробежном сите (2) осуществляется предварительное обезвоживание жидкой мезги. Далее предварительно обезвоженная мезга, для равномерной подачи на пресс, поступает в накопительную емкость (3) и при помощи конвейера (4) подается для дополнительного обезвоживания с помощью ленточного пресса (5). Отжатый клеточный сок собирается в накопительной емкости (6). Затем при помощи конвейера (7) обезвоженная мезга подается на участок сушки мезги.

*Технологическая схема участка сушки.* На участке сушки (рис. 1б) предусмотрено последовательное осуществление следующих технологических операций:

- ♦ смешивание механически обезвоженной мезги с возвращаемой сухой мезгой;
- ♦ сушка мезги.

С участка механического обезвоживания мезги при помощи конвейера (1) обезвоженная мезга подается в смеситель (2). Одновременно с обезвоженной мезгой в смеситель (2) при помощи конвейера-распределителя (6) в заданном технологической инструкцией количестве поступает часть сухого концентрата мезги. После установления равновесной влажности в смесителе (2) картофельная мезга поступает при помощи конвейера (3) в сушильную установку (4), после чего при помощи транспортера (5) часть сухой мезги возвращается на конвейер-распределитель (6), а оставшаяся часть отправляется на фасовку и упаковку в потребительскую тару.

**Технологический расчет.** Для проектируемой линии и технологических расчетов процессов обезвоживания и сушки картофельно-крахмальной мезги принимаются исходные данные (табл. 1).

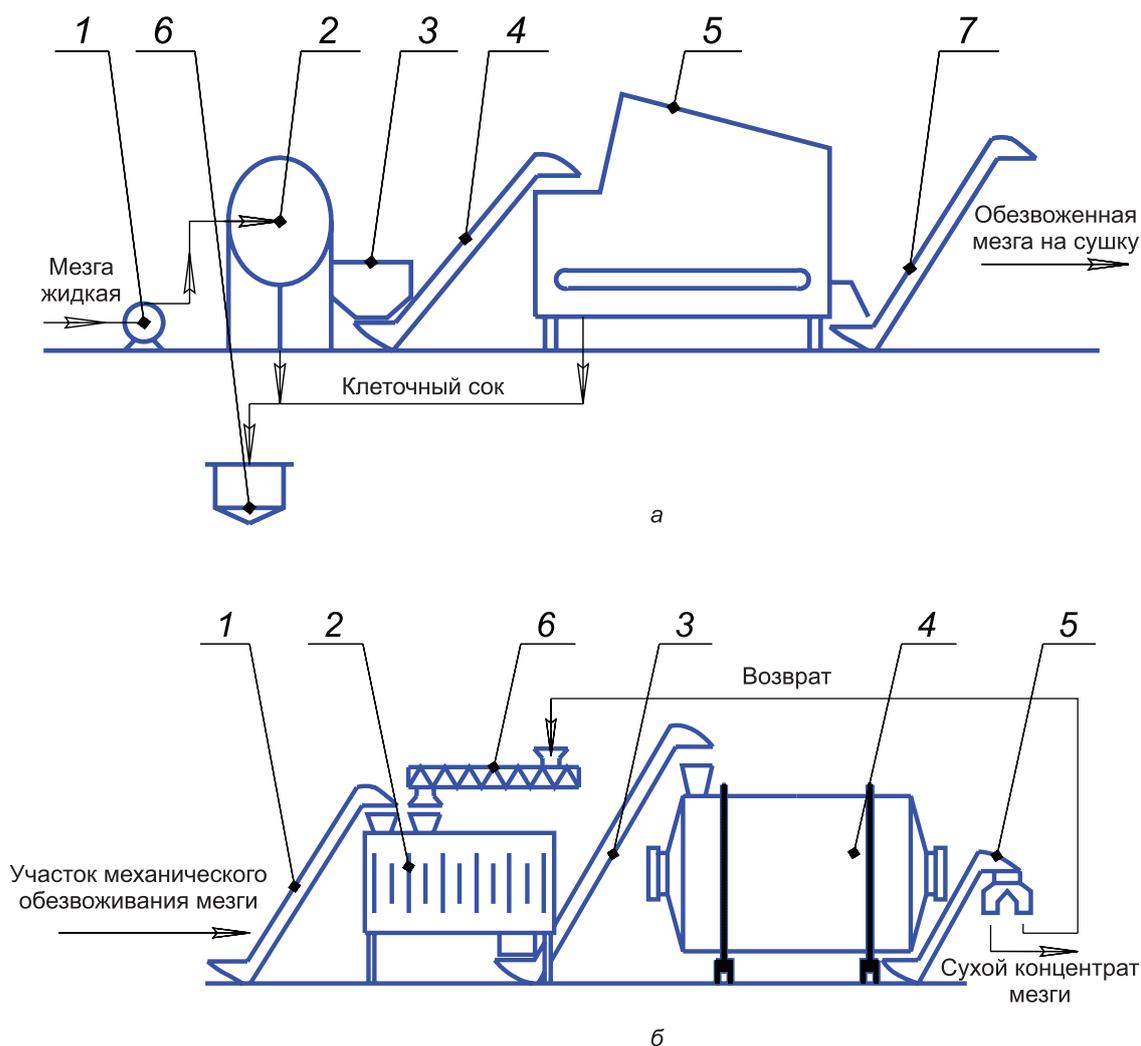


Рис. 1. Аппаратурно-технологическая схема производства сухого концентрата мезги: а – участок механического обезвоживания; б – участок сушки

1.

Обозначение	Наименование показателя и ед. изм.
$Q$	мощность линии по перерабатываемому картофелю: т/сут., т/ч
$b$	выход мезги и картофельного сока, т/ч
$C_1$	массовая доля сухих веществ (СВ) в мезге, выходящей из производства, и поступающей на обезвоживание, %
$C_2$	массовая доля СВ в мезге, после центробежного сита, %
$C_3$	массовая доля СВ в мезге, после прессования, %
$C_4$	массовая доля СВ в мезге, поступающей на сушку после смесителя, %
$C_5$	массовая доля СВ в высушенной мезге, %

Принципиальная схема продуктовых потоков линии обезвоживания и сушки картофельно-крахмальной мезги представлена на рис. 2.

На участке механического обезвоживания мезги на центробежное сито из производства поступает жидкая картофельно-крахмальная мезга с определенной массовой долей сухих веществ (СВ).

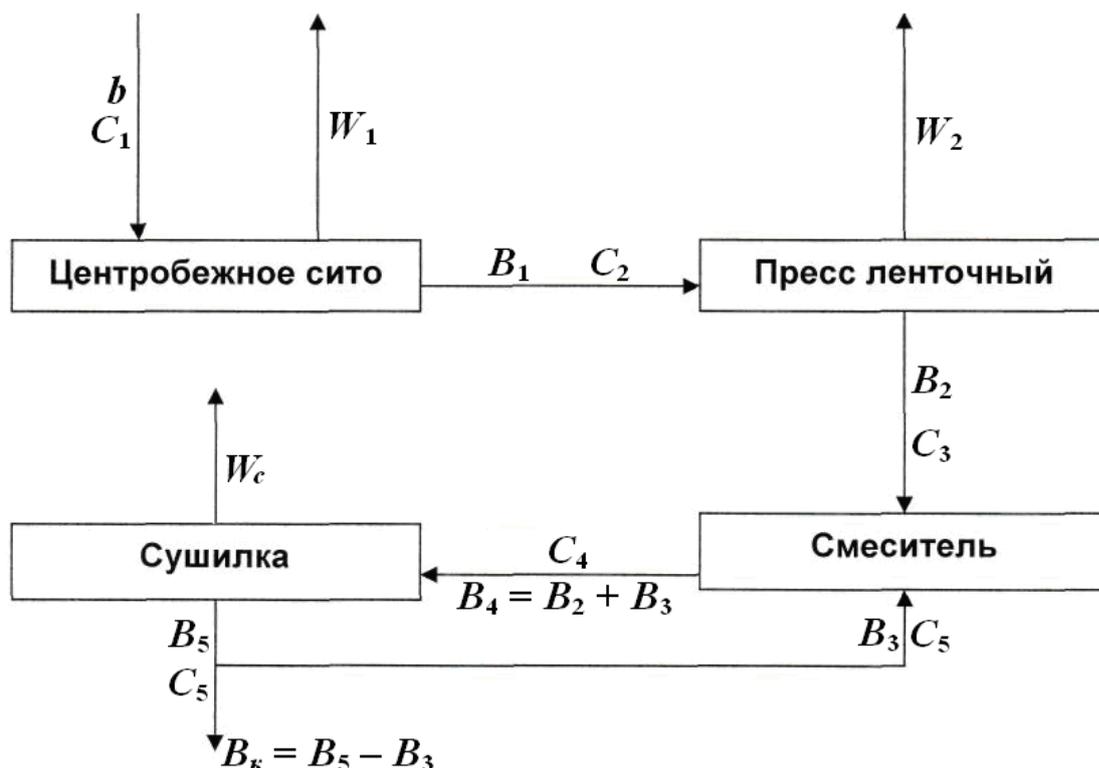


Рис. 2. Принципиальная схема продуктовых потоков линии обезвоживания и сушки картофельно-крахмальной мезги

После обезвоживания на центробежном сите образуется:

- ♦ мезга картофельно-крахмальная с массовой долей СВ ( $B_1$ ):

$$B_1 = \frac{b \cdot C_1}{C_2}; \quad (1)$$

- ♦ жидкая фаза (вода и клеточный сок) ( $W_1$ ):

$$W_1 = d - B_1. \quad (2)$$

На стадии прессования образуется:

- ♦ мезга картофельно-крахмальная с массовой долей СВ ( $B_2$ ):

$$B_2 = \frac{B_1 \cdot C_2}{C_2}; \quad (3)$$

- ♦ жидкая фаза (вода и клеточный сок) ( $W_2$ ):

$$W_2 = B_1 - B_2. \quad (4)$$

Всего на участке механического обезвоживания картофельно-крахмальной мезги будет выделено жидкой фазы ( $W$ ):

$$W = W_1 + W_2. \quad (5)$$

Таким образом, на участке механического обезвоживания образуется картофельно-крахмальная мезга с массовой долей СВ (т/сут.), которая передается на участок сушки жидкой фазы (т/сут.).

Продуктовый расчет участка сушки картофельно-крахмальной мезги. Для получения на выходе из смесителя мезги с определенной массовой долей СВ на смешивание должно поступать следующее количество возвращаемой сухой мезги ( $B_3$ ):

$$B_3 = B_2 \cdot \frac{C_4 - C_3}{C_5 - C_4}. \quad (6)$$

Таким образом, на смеситель будет поступать следующее количество мезги ( $B_4$ ):

$$B_4 = B_2 + B_3. \quad (7)$$

А после высушивания будет получено сухой картофельно-крахмальной мезги с массовой долей СВ ( $B_5$ ):

$$B_5 = \frac{B_4 \cdot C_4}{C_5}. \quad (8)$$

Отсюда количество выпариваемой на сушилке влаги ( $W_c$ ) составляет:

$$W_c = B_4 - B_5. \quad (9)$$

В целом на выходе из сушилки будет получено сухой картофельно-крахмальной мезги ( $B_k$ ):

$$B_k = B_5 - B_3. \quad (10)$$

Из общего количества сухой картофельно-крахмальной мезги  $B_{k,m/ч}$  будет поступать на фасовку и упаковку, а  $B_{3,m/ч}$  будет находиться в возврате на смеситель.

Соотношение физических масс влажной и сухой картофельно-крахмальной мезги, поступающих на смешивание составит:

$$m = \frac{B_2}{B_3}. \quad (11)$$

Характеристика сухого концентрата мезги. Картофельная мезга образуется в результате переработки клубней картофеля (*Solanum tuberosum L.*) на крахмал и является побочным продуктом картофелекрахмального производства.

Морфологическая структура картофельно-крахмальной мезги представлена на рис. 3.

Как свидетельствует рис. 3 общий вид сухой картофельно-крахмальной мезги представляет собой порошок неоднородного кремового цвета (т.е. имеются отдельные частицы, окрашенные в коричневый цвет и частицы, окрашенные в белый цвет), состоящий из мелких частиц неправильной формы.



Рис. 3. Морфологическая структура картофельно-крахмальной мезги

Особенности морфологии микроструктуры частиц картофельной мезги показаны на сканирующих электронных микрофотографиях (рис. 4).

Морфология картофельной мезги – совокупность гранул картофельного крахмала овальной формы, разнообразных по форме и размерам комков и отдельных мелких частиц типа чешуек, по-видимому, целлюлозной и/или гемицеллюлозной природы.

Основные качественные характеристики (общие физико-химические показатели, углеводный состав, аминокислотный состав, витаминный состав, и минеральный состав) сырой картофельно-крахмальной мезги (не отжатой и отжатой на прессе), а также клеточного (картофельного) сока из отжатой мезги представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2 в промежуточных продуктах концентрирования (отжатой и неотжатой сырой картофельно-крахмальной мезги и клеточном соке) нами не было обнаружено заметных количеств фруктозы, глюкозы, сахарозы, витамина B2, а также солей тяжелых металлов (свинца, кадмия, мышьяка и ртути).

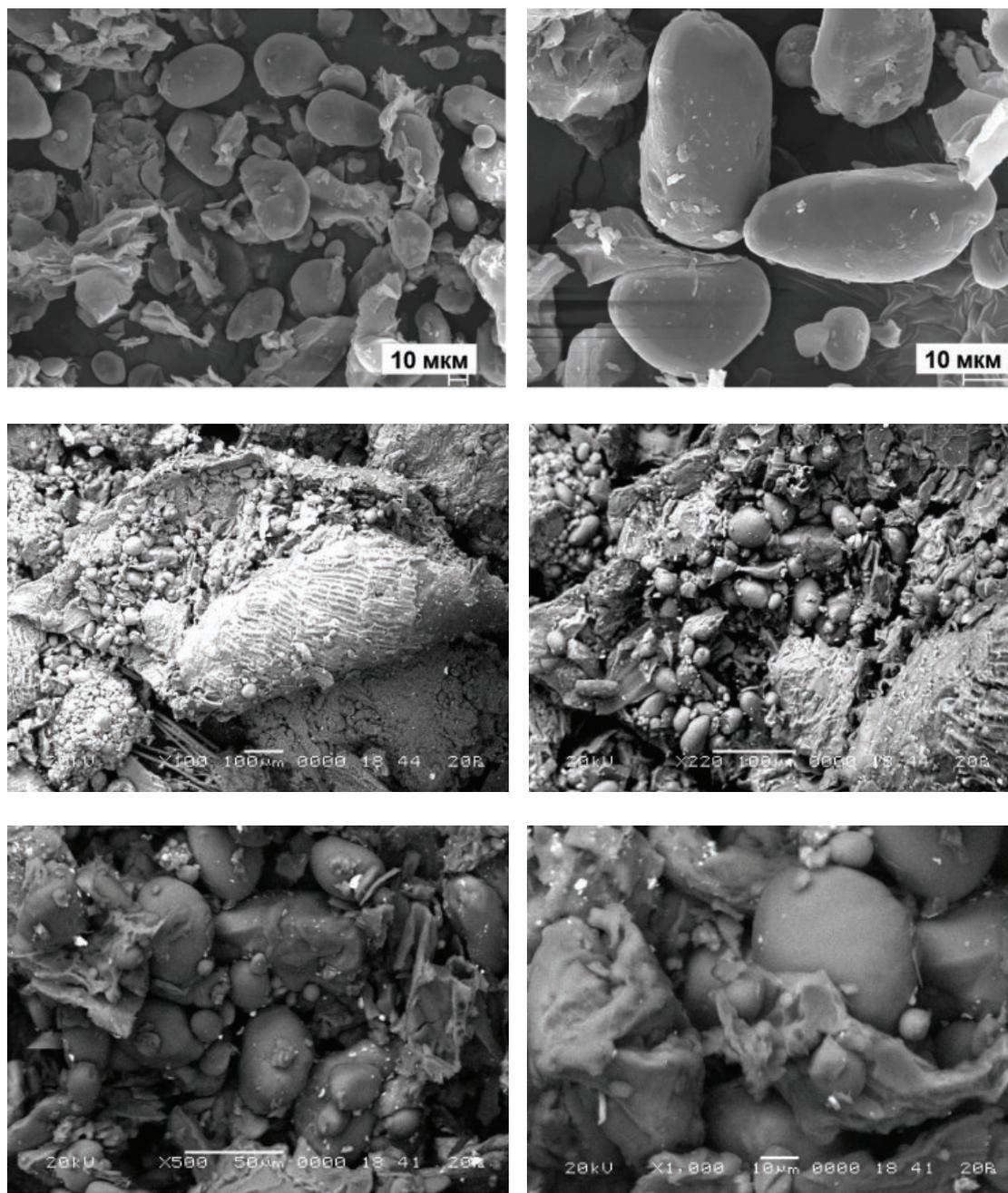


Рис. 4. Морфологические особенности картофельно-крахмальной мезги

Показатель концентрации ионов водорода у промежуточных продуктов концентрирования картофельно-крахмальной мезги не изменялся, оставаясь на уровне 4,1-4,2 ед. рН (табл. 2).

Установлено, что технологические стадии концентрирования картофельно-крахмальной мезги не приводят к существенным изменениям массовой доли жира (табл. 2). Так, массовая доля жира у промежуточных продуктов колебалась на уровне 0,7-0,8 %.

Массовая доля общей золы у отжатой и неотжатой сырой картофельно-крахмальной мезги находилась на одинаковом уровне 1,10-1,11 %, а в клеточном соке данный показатель составлял 0,70 % (табл. 2). Сходным образом изменялась массовая доля золы (песка) нерастворимой в соляной кислоте (табл. 2). Так, если в сырой картофельно-крахмальной мезге массовая доля золы (песка) нерастворимой в соляной кислоте была на уровне 0,07 %, то в клеточном соке – 0,05 %. Содержание таких важных микроэлементов, как кальций, магний, калий и натрий у неотжатой сырой картофельно-крахмальной мезги соответственно составляло – 460, 254, 6225 и 136 мг/кг, у отжатой – 179, 236, 5935 и 136 мг/кг, а в клеточном соке – 38, 196, 5690 и 130 мг/кг (табл. 2).

2.

Наименование показателя	Сырая картофельно-крахмальная мезга		Клеточный сок из отжатой мезги
	Неотжатая	Отжатая	
<i>Общие физико-химические показатели:</i>			
Массовая доля общей золы в пересчете на сухое вещество, %	1,10	1,11	0,70
Массовая доля золы (песка) нерастворимой в соляной кислоте в пересчете на сухое вещество, %	0,07	0,07	0,05
Массовая доля белка в пересчете на сухое вещество, %	2,8	2,7	1,8
Показатель концентрации ионов водорода, ед. рН	4,2	4,2	4,1
Массовая доля жира, %	0,7	0,8	0,7
Массовая доля сырой клетчатки, %	2,4	2,5	0,06
<i>Углеводный состав, г/кг:</i>			
Фруктоза	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)
Глюкоза	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)
Сахароза	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)	Не обнаружено (<2,5)
<i>Аминокислотный состав, мг/кг:</i>			
Аспарагин	160,73	72,16	8,28
Глутамин	100,95	132,75	62,16
Серин	46,92	54,63	6,54
Треонин	62,73	62,42	6,48
Глицин	65,38	65,06	4,98
Аланин	374,13	377,53	17,28
Пролин	800,40	811,81	69,40
Валин	182,13	195,99	13,72
<i>Витаминный состав, мг/100 г:</i>			
Витамин В <sub>2</sub>	Не обнаружено (<0,10)	Не обнаружено (<0,10)	Не обнаружено (<0,10)
<i>Минеральный состав, мг/кг:</i>			
Свинца	<0,01	<0,01	<0,01

Наименование показателя	Сырая картофельно-крахмальная мезга		Клеточный сок из отжатой мезги
	Неотжатая	Отжатая	
Кадмия	<0,01	<0,01	<0,01
Мышьяка	<0,01	<0,01	<0,01
Ртути	<0,01	<0,01	<0,01
Кальция	460	179	37,6
Магния	254	236	196
Каля	6225	5935	5690
Натрия	136	136	130

В результате проведенных исследований выявлено, что массовая доля протеина у неотжатой и отжатой сырой картофельно-крахмальной мезги и у клеточного сока, соответственно, составляла 2,8 %, 2,7 % и 1,8 % в пересчете на сухое вещество, а массовая доля сырой клетчатки изменялась следующим образом – 2,4 %, 2,5 % и 0,06 %, соответственно.

Следует отдельно указать, что у промежуточных продуктов концентрирования картофельно-крахмальной мезги нами обнаружен богатый аминокислотный состав (табл. 2). Так, соответственно, у неотжатой и отжатой сырой картофельно-крахмальной мезги и у клеточного сока количество аланина составляло – 374, 378 и 17 мг/кг; пролина – 800, 812 и 69 мг/кг; валина – 182, 196 и 14 мг/кг; глицина – 65, 65 и 5 мг/кг; треонина – 63, 62 и 7 мг/кг; серина – 47, 55 и 7 мг/кг; глутамина – 101, 133 и 62 мг/кг; аспарагина – 161, 72 и 8 мг/кг.

Анализируя табл. 2 можно отметить, что при концентрировании картофельно-крахмальной мезги уровень многих веществ в концентрате мезги уменьшается, т.к. часть веществ переходит из концентрата мезги в клеточный сок.

#### Выводы:

1. Разработана инновационная и импортозамещающая технология производства сухого концентрата в совмещенной технологии переработки картофеля на крахмал и концентрат, которая состоит из участка механического обезвоживания мезги (насос, центробежное сито, накопительная емкость мезги, конвейер, ленточный пресс, накопительная емкость клеточного сока) и участка сушки мезги (конвейер, смеситель конвейер-распределитель, сушильная установка, транспортер).

2. Экспериментально установлено, что массовая доля сухих веществ (СВ) в мезге, выходящей из производства, и поступающей на обезвоживание составляет 6,5-7,5 %, массовая доля СВ в мезге после центробежного сита – 13-15 %, массовая доля СВ в мезге после прессования – 40-42 %, массовая доля СВ в мезге, поступающей на сушку после смесителя – 47-49 %, а массовая доля СВ в высушенной мезге – 88-90 %.

3. Отходы картофелекрахмального производства (картофельная мезга и клеточный сок) содержат: крахмал, клетчатку, азотистые вещества (белок и аминокислоты (аспарагин, глутамин, серин, треонин, глицин, аланин, пролин, валин)), минеральные вещества (кальций, магний, калий, натрий) и воду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по крахмало-паточному производству / Д.Р. Абрагам [и др.]; под ред. Е.А. Штырковой, М.Г. Губина. – М. : Пищ. промышленность, 1978. – 430 с.
2. Андреев, Н.Р. Основы производства нативных крахмалов / Н.Р. Андреев. – М. : Пищепромиздат, 2001. – 289 с.
3. Литвяк, В.В. Разработка технологий получения картофельного концентрата из отходов крахмало-паточной отрасли / В.В. Литвяк, Е.В. Попова, В.В. Москва // Современные технологии сельскохозяйственного производства: XI Межд. научно-практ. конф. Гродно, 2008 г. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, УО «Гродненский государственный аграрный университет». – Гродно, 2008. – С. 463-464.

4. Писаренко, В.В. Справочник химика-лаборанта. Справ. Пособие для проф.-техн. учеб. заведений / В.В. Писаренко. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М. : «Высш. шк.», 1974. — 238 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 31.08.2015*

**Z.V. Lovkis, D.A. Zaichenko, N.N. Petjushev, S.A. Arnaut, A.A. Litvinchuk,  
V.V. Litvyak, I.M. Pachytskaya**

### **TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF DRY CONCENTRATE IN COMBINED TECHNOLOGIES OF PROCESSING POTATOES INTO STARCH AND CONCENTRATE**

Developed innovative and import-substituting production technology of dry concentrate in combined technologies of processing potatoes into starch and concentrate, which consists of a plot of mechanical dewatering of the pulp (pump, centrifugal sieve, the cumulative capacity of the pulp, conveyor belt press, the cumulative capacity of cell SAP) and druing section of the pulp (conveyor, mixer, conveyor-distributor, dryer, conveyor).

УДК 664.696.9, 664.696.4

*Представлены результаты исследования сорбционных свойств картофельного и кукурузного нативного и набухающего крахмалов. Рассчитано количество адсорбированной воды, охарактеризованы три зоны изотерм сорбции-десорбции водяного пара крахмалом. Установлено распределение пор по радиусу у разных крахмалов и их взаимосвязь с сорбционными свойствами. Полученные данные, позволяют прогнозировать поведение крахмала при приготовлении десертных блюд из пищевых концентратов на его основе.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КРАХМАЛОВ**

**Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина**

*А.В. Лысый;*

*Е.В. Грабовская, доктор технических наук, профессор*

**РУП «Научно практический центр академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*В.В. Литвяк, доктор технических наук, доцент*

При приготовлении сухих смесей пищевых концентратов десертных блюд используют различные гидроколлоиды. Наиболее часто применяемым природным гидроколлоидом является крахмал, который в состав рецептур десертов, в большинстве случаев, входит в нативном виде. Поэтому, для получения десертного блюда необходимой консистенции в процессе приготовления необходима термическая обработка. Для экономии времени и удобства в использовании предложено заменить нативный крахмал в сухих смесях концентратов десертных блюд набухающим, способным быстро сорбировать воду и набухать в холодной воде. При составлении рецептур пищевых концентратов, в состав которых входят вещества, изменяющие консистенцию продукта, необходимо иметь представление о сорбционных характеристиках каждого компонента смеси, для прогнозирования перераспределения воды между различными ингредиентами. Также важным является исследование механизма сорбционных процессов в крахмале, прошедшем влаготермическую обработку. Таким образом, исследование сорбционных характеристик разных видов нативных и набухающих крахмалов является актуальным.