

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТА СУХОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ МЕЗГИ

*Л. В. Евтушевская, З. В. Ловкис*

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

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** При переработке картофеля на крахмал образуется значительное количество загрязняющих окружающую среду отходов, которые содержат значительное количество полезных веществ картофеля. Цель исследования – повторное использование отходов крахмального производства в виде картофельной мезги для кормовых целей. Научная задача – оптимизировать параметры технологических процессов получения концентрата сухой картофельной мезги и оценить ее кормовую ценность.

**Материалы и методы.** Картофельная мезга, отобранная в условиях промышленного производства крахмала. Стандартные методы исследования физико-химических свойств картофельной мезги.

**Результаты.** Путем двухстадийного механического обезвоживания (центрифугирования и прессования на ленточном прессе) можно выделить до 93 % влаги от общего ее содержания в жидкой мезге; массовая доля сухих веществ в мезге в результате обезвоживания с 4–5 % увеличилась до 23 % (на лабораторной установке) и до 38–40 % (ленточном прессе). Оптимальное значением массовой доли сухих веществ, выше которого отпадает риск обратного комкования мезги, является значение близкое к 48 %. Оптимальная температура сушки 80 °С.

**Выводы.** Установленные технологические параметры рекомендуются для корректировки процесса получения концентрата сухой картофельной мезги в производственных условиях. Продукт отличается высокими показателями переваримости основных питательных веществ, содержания кормовых единиц и обменной энергии. Конечная влажность продукта – не более 13 %.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *технология; картофельная мезга; обезвоживание; сухие вещества; кормовая ценность.*

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Евтушевская, Л. В. Оптимизация технологических параметров получения концентрата сухой картофельной мезги / Л. В. Евтушевская, З. В. Ловкис // Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий. – 2021. – № 2(31). – С. 62–71.

## OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR OBTAINING DRY POTATO PULP CONCENTRATE

*L. V. Evtushevskaya, Z. V. Lovkis*

*RUE «The Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,  
Republic of Belarus*

### ABSTRACT

**Introduction.** When processing potatoes for starch, a significant amount of polluting waste is formed, which contain a significant amount of useful substances of potatoes. The purpose of the study is the reuse of starch production waste in the form of potato pulp for fodder purposes. The scientific task is to optimize the parameters of technological processes for obtaining dry potato pulp concentrate and evaluate its feed value.

**Materials and methods.** Potato pulp selected in the conditions of industrial starch production. Standard methods for studying the physico-chemical properties of potato pulp.

**Results.** By two-stage mechanical dehydration (centrifugation and pressing on a belt press), up to 93 % of the total moisture content in the liquid pulp can be isolated and the mass fraction of dry substances in the pulp as a result of dehydration increased from 4–5 % to 23 % (on a laboratory installation) and up to 38–40 % (on a belt press). The optimal value of the mass fraction of dry substances, above which the risk of reverse clumping of the pulp disappears, is a value close to 48 %. The optimal drying temperature is 80 °С.

**Conclusions.** The established technological parameters are recommended for adjusting the process of obtain-

ing a concentrate of dry potato pulp in production conditions. The product is characterized by high rates of digestibility of basic nutrients, the content of feed units and metabolic energy. The final moisture content of the product is no more than 13 %.

**KEY WORDS:** *technology; potato pulp; dehydration; dry substances; feed value.*

**FOR CITATION:** Evtushevskaya, L. V. Optimization of technological parameters for obtaining a concentrate of dry potato pulp / L. V. Evtushevskaya, Z. V. Lovkis // Vestnik of the Belarusian State University of Food and Chemical Technologies. – 2021. – № 2(31). – P. 62–71 (in Russian).

## ВВЕДЕНИЕ

Картофель составляет сырьевую основу для картофелеперерабатывающей промышленности, развитие которой сопровождается образованием многотоннажных отходов, которые являются источниками загрязнения окружающей среды, с ними теряется значительное количество полезных веществ, что в значительной степени влияет на себестоимость продукции.

При производстве крахмала образуется значительное количество отходов: мезга с клеточным соком. Количество сухих веществ картофеля, переходящих в мезгу на крахмальных заводах, на данный период составляет до 3,6 % (36 кг на 1 т картофеля). Из-за высокой влажности (до 97 %) сырая картофельная мезга является скоропортящимся и труднотранспортируемым продуктом [1–4].

Наиболее распространенным способом утилизации сырой картофельной мезги и клеточного сока в странах Восточной Европы является либо использование их смеси в качестве корма для животных, либо разделение этой смеси на центрифуге на две фракции: мезгу, используемую в качестве корма, и картофельный сок, направляемый в пруд-накопитель для последующего удобрительного полива сельскохозяйственных угодий.

В Российской Федерации и Республике Беларусь (ОАО «Верховичский крахмальный завод») сырая картофельная мезга используется при получении биогаза [5–9].

Проводятся исследования по использованию отходов, образующихся при переработке картофеля, при получении кормов совместно с различным растительным сырьем (силосование, сбраживание и др.) и в кормлении сельскохозяйственных животных [10–12].

В результате анализа литературного обзора установлено, что за рубежом ведется интенсивный поиск наиболее экономичных и высокоэффективных способов переработки отходов картофеля. Характерной чертой является сочетание классических методов переработки (механический, физико-химический, биологический и др.) с новыми (мембранная фильтрация и др.), а также с использованием микроорганизмов (дрожжи, бактерии).

Применение новых технологий позволяет получить удобрения, дополнительное топливо (биогаз, биоэтанол), а также кормовой протеин с использованием специально подобранных для этой цели продуцентов (США, Япония, Великобритания, Германия, Франция).

В мире активно ведутся разработки по комплексному использованию сырья и безотходной переработки образующихся вторичных ресурсов с применением микробиологической биотрансформации, главным образом в направлении обогащения его белком, синтезируемым бактериями, дрожжами или грибами для получения кормов, кормовых и пищевых добавок [13–21].

На сегодняшний день на картофелекрахмальных заводах Республики Беларусь отсутствуют цеха для переработки отходов, и только некоторыми заводами рационально используется небольшая часть картофельной мезги в сыром виде для кормовых целей, а также в качестве удобрений на полях [4].

Переработка сырой мезги на сухой кормовой продукт позволит повысить степень использования сырья, увеличить сроки хранения, улучшить экологическую обстановку предприятия, снизить затраты на транспортировку.

Технологии переработки мезги на сырые и сухие продукты разрабатывались коллектива-

ми РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», ВНИИ Крахмалопродуктов на протяжении более 20 лет. Все проведенные исследования по разработке технологии проводились с непосредственным участием авторов статьи в рамках программы Союзного государства и научно-исследовательских работ.

В Республике Беларусь сотрудниками УО «БГУТ» проводились исследования процесса сушки побочных продуктов крахмальных производств (картофельной мезги, клеточного сока) различными способами (конвективным, кондуктивным, в поле ИК-лучей) [22].

Актуальность исследования по совершенствованию технологии получения концентрата сухой картофельной мезги для кормовых целей обусловлена развитием за последние годы крахмалопаточной отрасли, модернизацией оборудования для производства крахмала, накопленным производственным и научным опытом.

Предмет исследования – оптимизация технологических режимов обезвоживания картофельной мезги.

Цель исследования – повторное использование отходов крахмального производства в виде картофельной мезги для кормовых целей. Научная задача – оптимизировать параметры технологических процессов получения концентрата сухой картофельной мезги и оценить ее кормовую ценность.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследований на крахмальных заводах ОАО «Пищевой комбинат «Веселово», ОАО «Верховичский крахмальный завод» были отобраны образцы мезги картофельной сырой. Отбор проб и исследования физико-химических показателей мезги осуществляли с применением стандартных методов анализа.

Исследование процесса центрифугирования проводили в лабораторных условиях с использованием центрифуги ЕВА 200 с радиусом ротора 0,09 м. Требуемый фактор разделения создавали частотой вращения ротора.

Установившейся границей раздела фаз считали такую границу, которая не нарушается при сливе жидкой фазы с осадка.

Исследование процесса прессования картофельной мезги проводили на экспериментальной лабораторной установке и ленточном прессе производства немецкой фирмы «FLOTTWEG» [23].

После процесса прессования проводили подготовку мезги к сушке. Так как отпрессованная мезга представлена в виде комочков, проводили процесс механического разрушения комков в лопастном смесителе. В качестве антикомкователя использовали предварительно высушенную и измельченную картофельную мезгу с массовой долей сухих веществ 88 %.

Количество возвращаемой на смешивание сухой мезги определяли по формуле

$$m_c = \frac{m_{np}(CB_{см} - CB_{np})}{CB_c - CB_{см}}, \quad (1)$$

где  $m_{np}$  – масса отпрессованной мезги, взятой на смешивание, кг;  $CB_c$ ,  $CB_{см}$ ,  $CB_{np}$  – массовые доли сухих веществ соответственно в сухой мезге, в смеси и в отпрессованной мезге, %.

Массовое соотношение сухой и отпрессованной картофельной мезги для достижения требуемого показателя сухих веществ в смешанной мезге определяем из зависимости

$$n = \frac{CB_{см} - CB_{np}}{CB_c - CB_{см}}, \quad (2)$$

где  $n$  – масса отпрессованной мезги, взятой на смешивание, кг;  $CB_c$ ,  $CB_{см}$ ,  $CB_{np}$  – массовые доли сухих веществ соответственно в сухой мезге, в смеси и в отпрессованной мезге, %.

Исследование процесса сушки проводили конвективным способом с использованием вентилируемой электронной печи Garbin в плотном слое толщиной 1 см.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При использовании картофельной мезги на кормовые цели необходимо знание ее химического состава, оценивающее ее технологические свойства.

Исследуемые образцы мезги картофельной, образующейся при производстве крахмала, представляют собой сырую серую или серо-коричневую однородную массу из сырого картофеля, с запахом, свойственным сырому картофелю, без признаков плесени и гнили.

Проведены исследования по изучению физико-химического состава сырой картофельной мезги, которые представлены в таблицах 1–3.

**Табл. 1.** Физико-химические показатели мезги картофельной сырой

**Table 1.** Physico-chemical parameters of raw potato pulp

Показатели	Мезга картофельная сырая, ОАО «Пищевой комбинат «Веселово»	Мезга картофельная сырая, ОАО «Верховичский крахмальный завод»
Массовая доля сухих веществ, %	4,3	7,7
Массовая доля жира, %	0	0
Массовая доля сырого протеина, %	1,0	1,63
Массовая доля золы, %	0,2	0,7
Массовая доля сырой клетчатки, %	0,3	0,5
Массовая доля крахмала, %	2,4	6,1
Массовая доля растворимых углеводов, %	3,1	5,4

Анализ данных табл. 1. показал, что картофельная мезга является, прежде всего, углеводным сырьем, которое из-за своей невысокой питательности богато содержанием сырой клетчатки, крахмала и растворимых углеводов. Также в мезге картофельной в незначительных количествах содержится сырой протеин (белки + амиды).

В связи с этим мы исследовали ее аминокислотный состав, который представлен в табл. 2.

**Табл. 2.** Аминокислотный состав мезги картофельной сырой

**Table 2.** Amino acid composition of raw potato pulp

Массовая доля аминокислоты, мг/100 г	Мезга картофельная сырая, ОАО «Пищевой комбинат «Веселово»	Мезга картофельная сырая, ОАО «Верховичский крахмальный завод»
Аспаргат	161,1	206,2
Глутамат	100,8	152,3
Серин	22,4	27,9
Гистидин	24,3	26,4
Глицин	27,3	18,1
Треонин	20,6	21,3
Аргинин	26,1	35,3
Аланин	51,2	93,4
Тирозин	17,3	32,8
Цистин	10,9	24,4
Валин	23,3	48,1
Метионин	–	5,3
Фенилаланин	32,6	32,4
Изолейцин	10,5	18,7
Лейцин	34,1	54,2
Лизин	30,1	52,2

Анализ табл. 2. показал, что белок мезги картофельной является биологически высокоценным, так как содержит в своем составе такие незаменимые аминокислоты, как лизин, метионин, фенилаланин, валин, треонин, изолейцин и лейцин, а также аргинин и гистидин.

В ходе исследований изучен минеральный состав картофельной мезги, который представлен в табл. 3.

**Табл. 3.** Минеральный состав картофельной мезги

**Table 3.** Mineral composition of potato pulp

Минеральные вещества, мг/кг	Мезга картофельная сырая, ОАО «Пищевой комбинат «Веселово»	Мезга картофельная сырая, ОАО «Верховичский крахмальный завод»
Кальций	38	74
Магний	88	152
Калий	1965	3190
Натрий	3,6	4,7
Железо	11,0	3,6
Фосфор	89	210

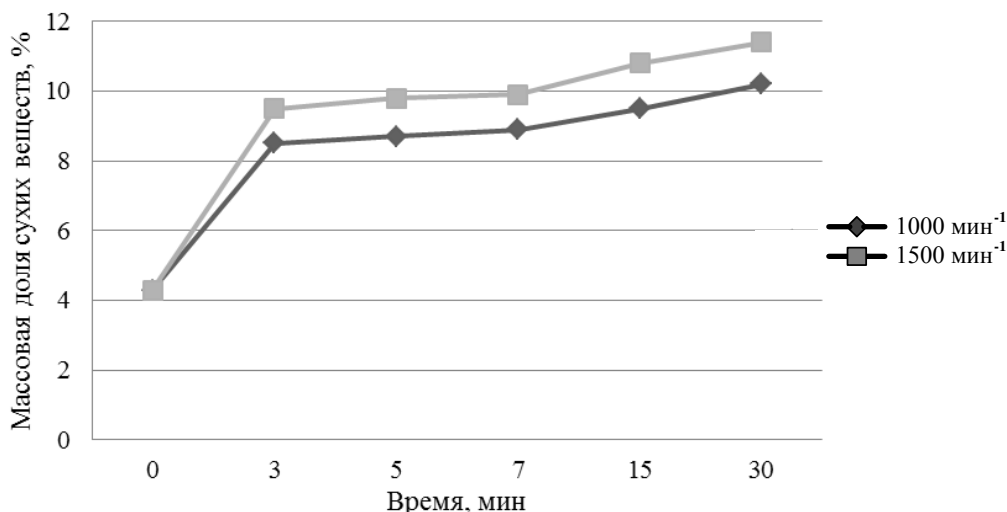
Таким образом, анализ экспериментальных данных показал, что мезгу картофельную возможно использовать в качестве компонентов кормов после применения технологических процессов ее обработки или подготовки.

Так как сырая картофельная мезга имеет высокую влажность, то необходимо провести обезвоживание, используя физические и термические способы.

Сушка относится к термическим способам и является наиболее энергоемким, поэтому целесообразно подвергать термическому обезвоживанию отходы с наименьшей влажностью.

Для этого проведены исследования механического обезвоживания картофельной мезги методом центрифугирования и прессования, как наиболее эффективные. Первостепенной задачей механического обезвоживания мезги является получение максимально высокого значения содержания сухих веществ в мезге.

Для проведения исследований по центрифугированию рассчитали факторы разделения для используемой центрифуги. Установлено влияние продолжительности фуговки при различных факторах разделения на содержание сухих веществ в осадке мезги. Результаты представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Зависимость влияния времени центрифугирования при различных факторах разделения на содержание сухих веществ в осадке

**Fig. 1.** Dependence of the influence of the centrifugation time on the content of solids in the sediment under various separation factors

В результате установлено, что при увеличении продолжительности центрифугирования при  $\Phi = const$  наблюдается медленный рост содержания сухих веществ в осадке, а увеличение фактора разделения приводит к скачку в сторону увеличения содержания сухих веществ. Все значения массовой доли сухих веществ, при  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  находятся выше значения при  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

Проведены исследования по центрифугированию картофельной мезги при постоянном времени фуговки и различных факторах разделения. Данные представлены в табл. 4.

**Табл. 4.** Уплотнение твердой фазы жидкой мезги в поле центробежных сил

**Table 4.** Compaction of the solid phase of the liquid pulp in the field of centrifugal forces

Частота вращения ротора, $\text{мин}^{-1}$	Фактор разделения центрифуги на выбранной частоте вращения	Продолжительность центрифугирования, мин	Массовая доля сухих веществ в уплотненной мезге, %
2000	400	5	12,9
3000	900	5	17,5
4000	1600	5	19,7
5000	2500	5	20,2
6000	3600	5	20,8

Таким образом, применяя метод центрифугирования, можно увеличить массовую долю сухих веществ в мезге до 21 %.

Вторым этапом механического обезвоживания картофельной мезги являлось прессование.

Исследование процесса прессования картофельной мезги с массовой долей сухих веществ после центрифугирования 20 % проводили на лабораторной установке и на ленточном прессе.

В результате исследований установлено, что путем двухстадийного механического обезвоживания (центрифугирования и прессования на ленточном прессе) можно выделить до 93 % влаги от общего ее содержания в жидкой мезге и массовая доля сухих веществ в мезге в результате обезвоживания с 4–5 % увеличилась до 23 % (на лабораторной установке) и до 38–40 % (на ленточном прессе).

В целях разработки оптимальных режимов сушки мезги ее необходимо подготовить до состояния оптимальной влажности путем смешивания с сухими компонентами. В качестве сухих компонентов мы использовали предварительно высушенную мезгу.

Для исследований использовали два образца мезги:

№ 1 – мезга с массовой долей сухих веществ 22,5 %, обезвоженная на экспериментальном механическом прессе;

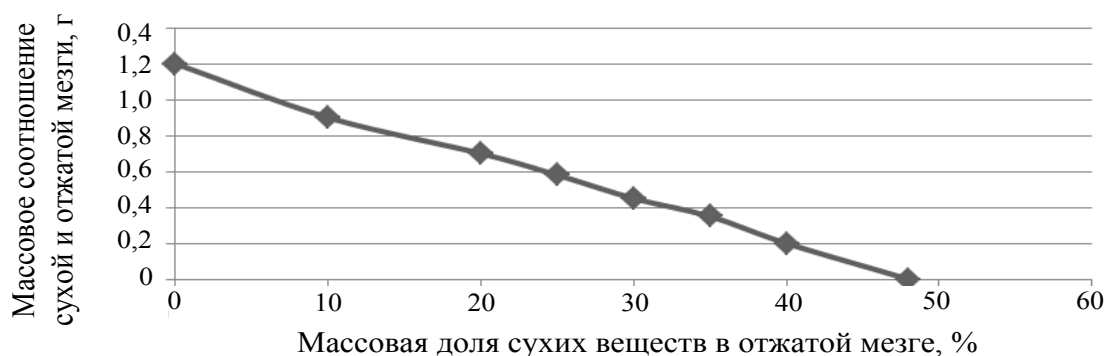
№ 2 – мезга с массовой долей сухих веществ 38–40 %, обезвоженная на ленточном прессе.

В процессе экспериментов по смешиванию образцов мезги № 1 и № 2 с частью возвращаемой сухой мезги установлено, что оптимальным значением массовой доли сухих веществ, выше которого отпадает риск обратного комкования мезги в сушилке, является значение, близкое к 48 %.

На рис. 2. представлена графическая зависимость требуемого массового соотношения сухой картофельной мезги с отпрессованной мезгой от массовой доли сухих веществ в отпрессованной мезге для получения смеси с массовой долей сухих веществ 48 %.

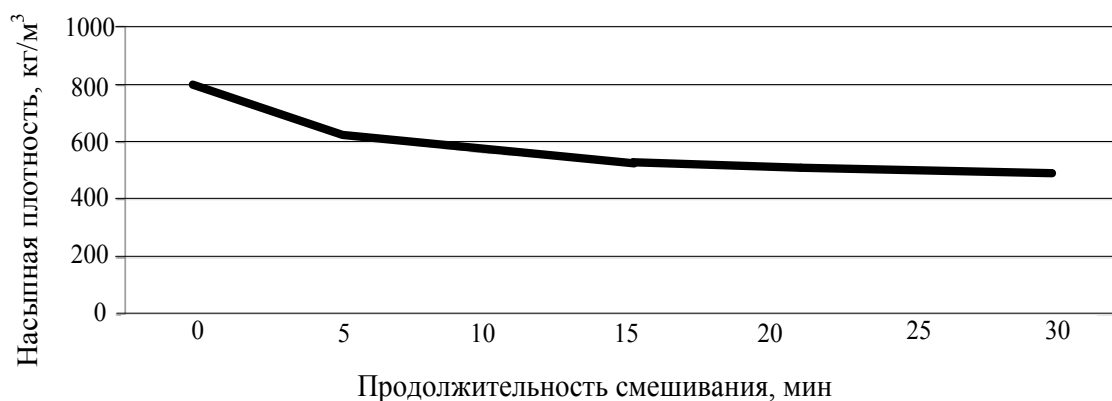
В процессе исследований было выявлено, что с увеличением продолжительности смешивания отпрессованная мезга приобретает более мелкую структуру, при этом объем ее увеличивается относительно первоначального, а насыпная плотность уменьшается.

На рис. 3. представлена графическая зависимость насыпной плотности смешиваемой мезги от продолжительности смешивания при массовой доле сухих веществ в смеси 50 %.



**Рис. 2.** Зависимость требуемого массового соотношения сухой и отпрессованной мезги для получения смеси с массовой долей сухих веществ 48 %

**Fig. 2.** Dependence of the required mass ratio of dry and pressed pulp to obtain a mixture with a mass fraction of dry substances 48 %



**Рис. 3.** Зависимость насыпной плотности подготовленной к сушке мезги от продолжительности смешивания для смеси с массовой долей сухих веществ 50 %

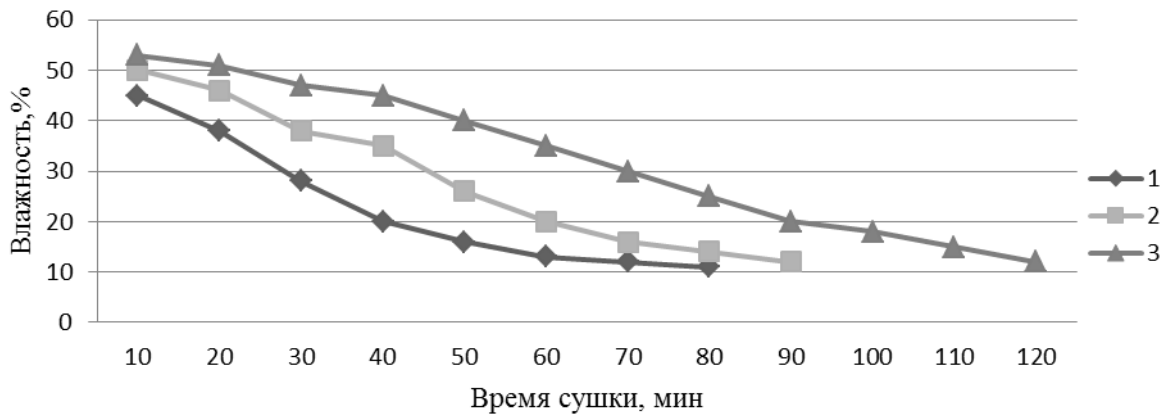
**Fig. 3.** Dependence of the bulk density of the pulp prepared for drying on the duration of mixing for a mixture with a mass fraction of dry substances 50 %

Исследован процесс сушки картофельной мезги. В процессе экспериментов было установлено, что в зависимости от массы сухой мезги можно получить смеси мезги перед сушкой с различными удельными объемами, а, следовательно, с различными удельными поверхностями испарения. Введение показателя «удельный объем смеси» позволяет косвенно судить о влиянии величины суммарной поверхности испарения на скорость сушки мезги.

Для выявления данного влияния подготовлены 3 образца смеси отпрессованной и сухой картофельной мезги с различными значениями массовой доли сухих веществ, обусловленными количеством сухого возврата. Исследования проводили в лабораторных условиях с использованием вентилируемой электронной печи Garbin в плотном слое толщиной 1 см.

Установлено, что температура сушильного агента (воздуха) смеси картофельной мезги должна быть не более 80 °С, так как при данной температуре за наименьшее время сушки получен продукт с наилучшими органолептическими показателями.

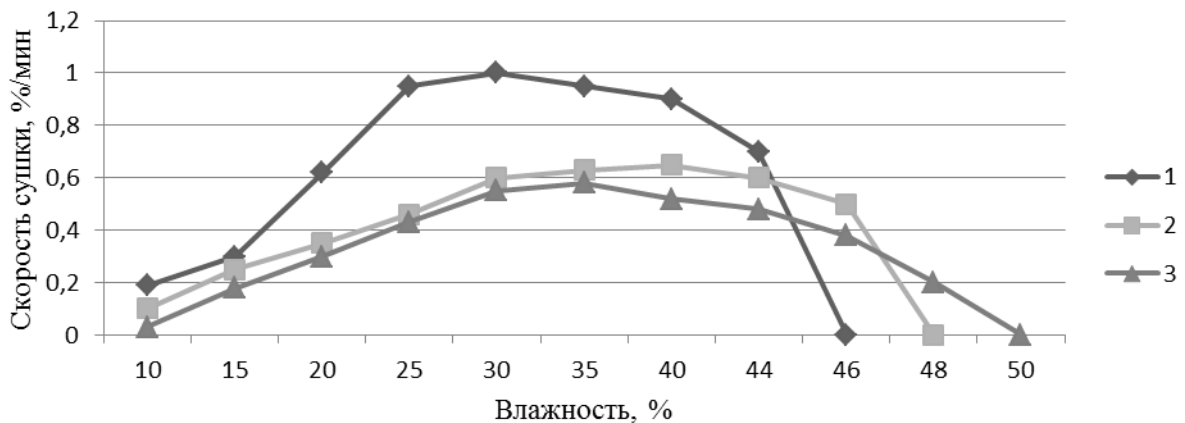
Определено влияние влажности смеси на время сушки и скорость сушки. Результаты представлены на рис. 4.



**Рис. 4.** Кривые сушки образцов смешанной мезги с удельным объемом:  
1 – 2 дм<sup>3</sup>/кг; 2 – 1,7 дм<sup>3</sup>/кг; 3 – 1,3 дм<sup>3</sup>/кг

**Fig. 4.** Drying curves of mixed pulp samples with specific volume:  
1 – 2 dm<sup>3</sup>/kg; 2 – 1,7 dm<sup>3</sup>/kg; 3 – 1,3 dm<sup>3</sup>/kg

В результате исследований установлено, что чем выше удельный объем смеси, тем меньше продолжительность сушки единицы массы продукта.



**Рис. 5.** Зависимость скорости сушки от влажности образцов смешанной мезги при удельном объеме:  
1 – 2 дм<sup>3</sup>/кг; 2 – 1,7 дм<sup>3</sup>/кг; 3 – 1,3 дм<sup>3</sup>/кг

**Fig. 5.** The dependence of the drying rate on the humidity of mixed pulp samples at a specific volume:  
1 – 2 dm<sup>3</sup>/kg; 2 – 1,7 dm<sup>3</sup>/kg; 3 – 1,3 dm<sup>3</sup>/kg

Анализ полученных графиков скорости сушки (рис. 5.) показывает, что скорость сушки смешанной мезги с более высоким удельным объемом смеси значительно выше скорости сушки смесей, имеющих меньший удельный объем смеси, чем и объясняется разница в продолжительности сушки образцов смеси с различными удельными объемами.

На основании проведенных исследований разработана технология получения концентрата сухой картофельной мезги, которая включает: центрифугирование, прессование, смешивание с сухим компонентом, сушку при температуре 80 °С и получение продукта с влажностью не более 13 %.

В промышленных условиях ОАО «Верховичский крахмальный завод» выработаны опытные образцы концентрата сухой картофельной мезги. Проведены исследования физико-химических показателей концентрата сухой картофельной мезги и изучена возможность ис-



пользования его как компонент комбикорма, в результате проведения дифференцированного балансового опыта в условиях животноводческой школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита».

Определены коэффициенты переваримости основных питательных веществ концентрата сухой картофельной мезги: протеин – 53,92; жир – 29,50; клетчатка – 77,7; БЭВ – 89,54.

Установлено, что энергетическая ценность 1 кг сухого вещества концентрата сухой картофельной мезги составляет 12,85 МДж обменной энергии и 1,11 корм. ед. Энергетическая ценность 1 кг мезги картофельной сухой составляет 11,70 МДж и 1,01 корм. ед.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследован физико-химический состав сырой картофельной мезги. Установлено, что картофельная мезга является, прежде всего, углеводным сырьем, которое из-за своей невысокой питательности богато содержанием сырой клетчатки, крахмала и растворимых углеводов. Также в мезге картофельной в незначительных количествах содержится сырой протеин (белки + амиды). А белок отходов картофелекрахмальных производств является биологически высокоценным, так как содержит такие незаменимые аминокислоты, как лизин, метионин, фенилаланин, валин, треонин, изолейцин и лейцин, а также аргинин и гистидин.

Установлены рациональные пределы параметров процесса центрифугирования и массовой доли сухих веществ в уплотненной массе осадка картофельной мезги: фактор разделения центрифуги – более 2 000 ед.; массовая доля сухих веществ в сгущенном на центрифуге осадке картофельной мезги – 15–21 %.

Установлены рациональные параметры сушки мезги картофельной: массовая доля сухих веществ в смеси отпрессованной картофельной мезги и сухой не менее 48 %; температура сушки конвективным способом не более 80 °С.

Разработана технология производства концентрата сухой картофельной мезги, которая включает центрифугирование, прессование, смешивание с сухим компонентом, сушку при температуре 80 °С и получение продукта с влажностью не более 13 %.

В промышленных условиях ОАО «Верховичский крахмальный завод» выработаны опытные образцы концентрата сухой картофельной мезги и изучена возможность использования как компонент комбикорма в кормлении свиней, в результате проведения дифференцированного балансового опыта в условиях животноводческой школы-фермы ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита».

Определены коэффициенты переваримости основных питательных веществ, содержание кормовых единиц и обменной энергии в концентрате сухой картофельной мезги. Установлено, что энергетическая ценность 1 кг сухого вещества мезги картофельной сухой составляет 12,85 МДж обменной энергии и 1,11 корм. ед. Энергетическая ценность 1 кг концентрата сухой картофельной мезги составляет 11,70 МДж и 1,01 корм. ед.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Трегубов, Н. Н. Технология крахмала. / Н. Н. Трегубов, А. А. Милютин – М.: Пищевая промышленность, 1965. – 410 с.
- 2 Трегубов, Н. Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н. Н. Трегубов, Е. Я. Жарова, А. И. Жушман – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.
- 3 Шабета, М. П. О картофеле, который мы перерабатываем / М. П. Шабета, С. Л. Романов, З. А. Соколова, О. Н. Лузько // – Картофелеводство. – 2008. – т.15. – С. 358.
- 4 Куликов, А.В. К анализу вопроса отходообразования в крахмальном производстве / А. В. Куликов, М. П. Шабета // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2010. – № 2. – С. 39–44.
- 5 Воротеницкая, С. Л. Комплексное использование сырья и отходов в пищевой промышленности / С. Л. Воротеницкая, Б. И. Суменков, А. Б. Шахов // Консервная промышленность. – 1974. – № 10. – С. 5–8.
- 6 Романенко, В. Н. Комплексное использование сырья в крахмалопаточном производстве / В. Н. Романенко, Н. И. Филипова // М.: Агропромиздат. – 1985. – 176 с.
- 7 Жалейко, Г. А. Переработка отходов / Г. А. Жалейко. – Минск: Белорусский научно-исследовательский центр «Экология», 1991. – 215 с.

- 8 Лукин, Н. Д. Состояние и перспективы развития переработки картофеля на крахмал / Н. Д. Лукин [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 12. – С. 24–28.
- 9 Лукин, Н. Д. Переработка отходов производства картофельного крахмала и картофелепродуктов / Н. Д. Лукин [и др.] // Совершенствование технологий и оборудования пищевых производств. – Несвиж, 2007. – Ч. 2. – С. 84–85.
- 10 Чаплыгина, И. А. Анализ энергетической ценности экструдатов на основе зерна пшеницы и картофеля / И. А. Чаплыгина [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 5. – С. 90–95.
- 11 Саханчук, А. И. Эффективность скармливания картофельной мезги в составе рационов дойных коров / А. И. Саханчук, Е. Г. Кот // Зоотехническая наука Беларуси. – 2019. – Т. 54. – № 2. – С. 97–103.
- 12 Смирнова, В. А. Повышение эффективности производства молока и качества продуктов его переработки при использовании в рационах коров картофельной мезги: автореф. дисс. ... к-та биолог. наук / Смирнова Валентина Александровна. – Волгоград. – 2006. – 26 с.
- 13 Oliveira, J. Bioconversion of potato-processing wastes into an industrially-important chemical lactic acid / J. Oliveira [et.al.] // Bioresource Technology Reports. – 2021. – Vol. 15. – P. 100698.
- 14 Wu, D. Recycle Technology for Potato Peel Waste Processing: A Review / D. Wu // Procedia Environmental Sciences. – 2016. – Vol. 31. – P. 103–107.
- 15 Soltaninejad, A. Sustainable bioconversion of potato peel wastes into ethanol and biogas using organosolv pretreatment / A. Soltaninejad, M. Jazini, K. Karimi // Chemosphere. – 2021. – ISSN: 0045-6535. – P. 133003.
- 16 Chohan, N. A. Valorisation of potato peel wastes for bioethanol production using simultaneous saccharification and fermentation: Process optimization and kinetic assessment / N. A. Chohan [et. al.] // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 146 – P. 1031–1040.
- 17 Abedini, A. Efficient biobutanol production from potato peel wastes by separate and simultaneous inhibitors removal and pretreatment / A. Abedini [et.al.] // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 160. – P. 269–277.
- 18 Chen, X. Production of soluble dietary fibers and red pigments from potato pomace in submerged fermentation by *Monascus purpureus* / X. Chen [et.al.] // Process Biochemistry. – 2021. – Vol. 111. – Part 1. – P. 159–166.
- 19 Kumar, V. B. Glucose production from potato peel waste under microwave irradiation / V. B. Kumar, I. N. Pulidindi, A. Gedanken // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. – 2016. – Vol. 417. – P. 163–167.
- 20 Okubo, M. Data on chemical compositions and fermentation quality of silages made from low-market-value vegetables supplemented with potato protein concentrate, a byproduct of starch production / M. Okubo [et.al.] // Data Brief. – 2018. – Vol. 21. – P. 1829–1832.
- 21 Ягофаров, Д. Ш. Получение биопродуктов из вторичных ресурсов переработки картофеля / Д. Ш. Ягофаров, З. А. Канарская, Э. И. Семенов, Ф. К. Алимова // Вестник технологического университета. – 2015. – т. 18. – № 9. – С. 257–260.
- 22 Рукшан, Л. В. Исследование процесса сушки побочных продуктов крахмальных и крахмало-паточных производств / Л. В. Рукшан, А. А. Ветошкина, Е. Г. Павлюкевич // Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности (приоритеты развития): материалы III Междунар. науч.-технич. конференции. – Воронеж. – 2009. – Т. 2. – С. 323–328.
- 23 Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – М.: Колос, 2007. – 760 с.

*Поступила в редакцию 14.12.2021 г.*

#### **ОБ АВТОРАХ:**

**Людмила Владимировна Евтушевская**, научный сотрудник РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», e-mail: olishenia@mail.ru.

**Зенон Валентинович Ловкис**, доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии наук Беларуси, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, главный научный сотрудник РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию», e-mail: info@belproduct.com.

#### **ABOUT AUTHORS:**

**Evtushevskaya L. V.** Researcher of RUE «The Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus», e-mail: olishenia@mail.ru.

**Zenon V. Lovkis**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Senior Researcher of RUE “Scientific- Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus, email: info@belproduct.com.