

А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан

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

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ КАКАОВЕЛЛЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований влияния технологических приемов обработки на эффективность процесса измельчения какао-веллы. Установлены следующие технологические приемы: предварительная гидротермическая и экструзионная обработки с последующим стадийным механическим измельчением с классификацией фракций. Гидротермическая обработка позволяет увеличить в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм, а экструзионная обработка – в 2,86 раза. Получены зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какао-веллы подвергнутого различным технологическим обработкам от продолжительности измельчения.

Ключевые слова: какао-велла, производство, исследование, процесс, гидротермическая обработка, экструзионная обработка, измельчение, фракционирование, зависимость.

A. V. Meleschenya, D. A. Zaichenko, S. I. Korzan

*RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National
Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus*

IMPACT OF COCOA SHELL PROCESSING TECHNIQUES ON ITS GRINDING EFFICIENCY

Abstract. This article presents the results of a study examining the impact of processing techniques on the efficiency of cocoa shell grinding. The following processing techniques were identified: preliminary hydrothermal and extrusion treatments followed by multistage mechanical grinding with fraction classification. Hydrothermal treatment allows to increase the yield of the fraction with a size of 26–56 µm by 1.52 times, and extrusion treatment – by 2.86 times. The dependences of the change in the average particle diameter of cocoa shell powder subjected to various processing techniques on the grinding duration were obtained.

Keywords: cocoa shell, production, research, process, hydrothermal treatment, extrusion processing, grinding, fractionation, dependence.

Введение. В пищевой промышленности Республики Беларусь, как и за рубежом, при производстве кондитерских изделий используются какао-бобы. В процессе их переработки образуется побочный продукт – какао-велла (рис. 1), которая на текущий момент в стране не перерабатывается. При этом она обладает богатым химическим составом, имеет пониженную энергетическую ценность, сохраняя насыщенный цвет и аромат, что делает ее перспективным сырьем для использования в качестве функционального ингредиента частично или полностью заменяющего какао-порошок. В результате анализа литературных данных, установлено, что по пищевой ценности какао-велла характеризуется пониженным содержанием жира (какао-масла) и повышенным содержанием витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон, на долю которых приходится более 60 %, в том числе клетчатка (25 %), пектиновые вещества (15 %), пентозаны (13 %). Органолептические свойства порошка какао-веллы схожи с какао-порошком, при этом себестоимость порошка из какао-веллы в 4,5 раза ниже себестоимости какао-порошка [1]. В качестве натуральной добавки порошок какао-веллы можно использовать для повышения биологической ценности пищевых продуктов со вкусом и ароматом какао, в частности отделочных полуфабрикатов (сироп, помада, желе, крем, посыпки, глазурь, мастика, марципан, карамель и др.), выпечных полуфабрикатов (бисквитные, песочные, слоеные, заварные, воздушные, воздушно-ореховые, миндальные, крошковые и вафельные), кондитерских изделий и молочной продукции [2, 3].



Рис. 1. Образование какаовеллы
Fig. 1. Formation of cocoa shells

Согласно данным лондонской биржи ICE Futures стоимость какао-бобов впервые в истории в декабре 2024 г. превысила 12 000 дол. США за тонну. На январь 2026 г. биржевая стоимость какао-бобов остановилась в районе 6000 дол. США [4]. Ежегодно в стране производится около 160 тыс. тонн кондитерских изделий. Основными производителями, перерабатывающими какао-бобы, являются СОАО «Коммунарка» и СП ОАО «Спартак». Годовой импорт какао-бобов в Республику Беларусь составляет около 7500 тонн. Вес какаовеллы составляет 10–15 % от веса какао-бобов, следовательно, в год в стране образуется около 1000 тонн какаовеллы. Отечественными предприятиями какаовелла утилизируется как твердые бытовые отходы или небольшое количество по низкой цене реализуется в качестве добавки в животные и рыбные корма, для мульчирования почвы, в виде источника тепла при сжигании [3]. С учетом вышеизложенного переработка какаовеллы на сегодня является актуальной задачей.

Ограничения использования какаовеллы при производстве пищевой продукции связаны с высокой микробиологической обсемененностью и трудностью получения из нее тонкодисперсного порошка. Микробиологическую обсемененность значительно можно снизить если отделяемую какаовеллу после обжарки какао-бобов не накапливать в складах, а сразу перерабатывать, возможно предусмотреть дополнительное обеззараживание. Трудности измельчения какаовеллы связаны с ее низкой плотностью, высокой твердостью и абразивностью. Степень измельчения какаовеллы напрямую влияет на вкусовые качества конечного продукта и при недостаточном ее измельчении в употребляемом изделии ощущается специфическая зернистость и песчанистость.

В настоящее время в Республике Беларусь действуют СТБ 1206-2000 [5] и ГОСТ 34073-2017 [6] на какаовеллу молотую, разработанные на основе требований, предъявляемых к какао-порошку (СТБ 1205-2012 [7] и ГОСТ 108-76 [8]). Ввиду различия структуры какаовеллы и ядра какао-бобов, предлагаемая степень измельчения какаовеллы не позволяет ее использовать при производстве пищевой продукции. Степень измельчения какаовеллы, согласно ГОСТ 34073-2017 составляет не более 280–315 мкм, а у какао-порошка, согласно СТБ 1205-2012: для промышленной переработки – 280–315 мкм, для реализации – 150–160 мкм [6, 7].

Согласно проведенному анализу исследований технологических приемов обработки различных материалов для эффективного измельчения какаовеллы можно применить предварительную гидро-термическую и экструзионную обработки с последующим стадийным механическим измельчением с классификацией фракций.

Цель работы заключается в определении влияния предварительной гидротермической и экструзионной обработок какаовеллы на эффективность ее измельчения, обеспечивающие выход тонкодисперсного порошка со степенью измельчения менее 50 мкм.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовалась какаовелла, образующаяся на производственной линии СОАО «Коммунарка».

Методика проведения экспериментальных исследований по использованию предварительной гидро-термической обработки (далее – ГТО) на эффективность измельчения какаовеллы заключалась в следующих действиях:

- 1) взвешивание необходимого количества какаовеллы;

2) замачивание установленного количества какаоеллы в холодной воде на 5 мин, 1 ч и 8 ч;
3) извлечение какаоеллы из воды, отволаживание (выдерживание после замачивания и просушивание россыпью в течение 16 ч для проникновения влаги внутрь);

4) сушка какаоеллы при температуре 110 °С до влажности 14 %;

5) стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице;

6) классификация полученного порошка какаоеллы на фракции.

Методика проведения процесса экструзионной обработки (далее – ЭО) на эффективность измельчения какаоеллы заключалась в следующих действиях:

1) подготовка какаоеллы (увлажнение холодной водой, гидромодуль какаоелла : вода = 3 : 1,25; выдерживание 30 мин для равномерного распределения влаги);

2) экструдирование какаоеллы;

3) сушка экструдата при температуре 110 °С до влажности 14 %;

4) стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице;

5) классификация полученного порошка какаоеллы на фракции.

ЭО какаоеллы по методу теплой и горячей экструзии осуществляли на опытном производстве РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» с использованием двухшнекового экструдера DS 56-III. Метод теплой экструзии предполагает смешивание сухого сырья и воды. В экструдере смесь подвергается механическому и тепловому воздействию. Метод горячей экструзии предполагает протекание процессов на высокой скорости и при температуре около 200 °С.

Экструдирование проводили при следующих технологических режимах:

- рабочая температура экструдера: при теплой – преднагрев отсутствовал, естественный нагрев около 75 °С; при горячей – 150–180 °С;

- частота вращения шнеков – 80–100 мин⁻¹;

- диаметр отверстия фильеры – 4 мм, 5 мм и 10 мм.

На следующем этапе работ проводили стадийное механическое измельчение высушенной какаоеллы после ГТО и ЭО на пальцевой дробилке Ш12-НКВ/2 и шаровой мельнице Ш12-МШШ. Общий вид используемого оборудования приведен на рис. 2, а их технические характеристики – в таб. 1.

Разделение полученного порошка какаоеллы на фракции после измельчения осуществляли на калибровочных ситах (рис. 3, а) согласно схеме, приведенной на рис. 3, б.

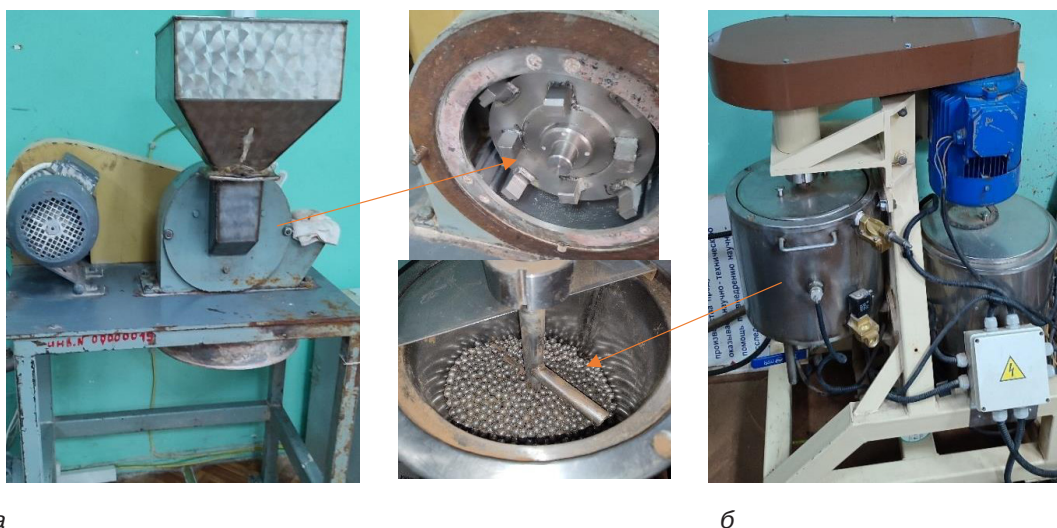


Рис. 2. Общий вид пальцевой дробилки (а) и шаровой мельницы (б)

Fig. 2. General view of a finger crusher (a) and a ball mill (б)

Т а б л и ц а 1. Техническая характеристика оборудования

Table 1. Technical characteristics of the equipment

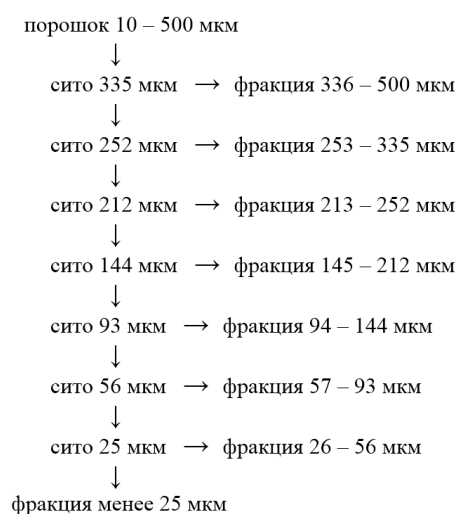
Наименование параметров	Пальцевая дробилка Ш12-НКВ/2	Шаровая мельница Ш12-МШШ
Производительность, кг/ч, не менее	50	—
Мощность двигателя, кВт	4,0	1,1

Окончание табл. 1

Наименование параметров	Пальцевая дробилка Ш12-НКВ/2	Шаровая мельница Ш12-МШШ
Марка электродвигателя	АИР100S2У3	АИР90LB8У3
Частота вращения вала электродвигателя, мин ⁻¹	3000	710
Частота вращения ротора/мешалки, мин ⁻¹	7000	10–185
Диаметр ячейки сита, мм	1,0	—
Передаточное отношение передачи	≈0,43	≈3,25
Количество ремней на шкиве, шт.	2	2
Расчетный объем емкости, кг	—	2,5
Мощность нагревателя воды, кВт	—	3,0
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм, не более	870×579×1393	900×600×1150
Масса, кг	178	160



а



б

Рис. 3. Калибровочные сита (а) и схема (б) фракционирования порошка какаошеллы
Fig. 3. Calibration sieves (a) and diagram (b) for fractionating cocoa shell powder

Результаты и их обсуждение. Проведенные экспериментальные исследования по ГТО какаошеллы, позволили установить, что с увеличением времени замачивания растут потери какаошеллы: при 5 мин – (7 ± 1) %, при 1 ч – (9 ± 1) %, при 8 ч – (14 ± 1) %. Замачивание продолжительностью 1 ч и 8 ч оказывает незначительное влияние на степень измельчения какаошеллы, при этом увеличение времени замачивания до 8 ч сопровождается выраженной потерей ароматических свойств, что недопустимо.

Проведенные исследования показали, что при использовании ГТО какаошелла приобретает темный оттенок относительно исходного (рис. 4).



а



б

а – без обработки; б – гидротермическая обработка

Рис. 4. Образцы какаошеллы

а – without treatment; б – hydrothermal treatment

Fig. 4. Cocoa shell samples

Порошок какаоеллы после ГТО хуже просеивается по сравнению с порошком какаоеллы без обработки, обладает повышенной маслянистостью. Приведенные выше данные позволяют предположить, что в результате ГТО из какаоеллы вымываются и удаляются вместе с водой часть растворимых веществ.

Проведенные экспериментальные исследования, направленные на получение экструдата методом горячей экструзии (150–180 °С) неизмельченной какаоеллы, позволили установить, что при таком режиме не представляется возможным проэкструдировать, так как какаоелла при достижении высокой температуры в рабочей зоне экструдера частично сгорает и уплотняется в виде «песка». При этом необходимо отметить, что при экструзии полностью теряются ароматические свойства конечного продукта.

При проведении экструзионной обработки по теплomu методу в какаоеллу добавляли холодную воду (гидромуль – какаоелла : вода = 3 : 1,25), перемешивали и выдерживали 30 мин для равномерного распределения влаги. Полученную массу подавали в экструдер без предварительного нагрева. В процессе работы экструдер самонагревался до 75 °С. Полученный экструдат досушивали в сушильном шкафу. Внешний вид полученного экструдата какаоеллы после сушки в сушильном шкафу при температуре 110 °С до влажности 14 % приведен на рис. 5.



а – матрица 5 мм; б – матрица 10 мм

Рис. 5. Внешний вид полученного экструдата по методу теплой экструзии (после сушки)

а – 5 mm matrix; б – 10 mm matrix

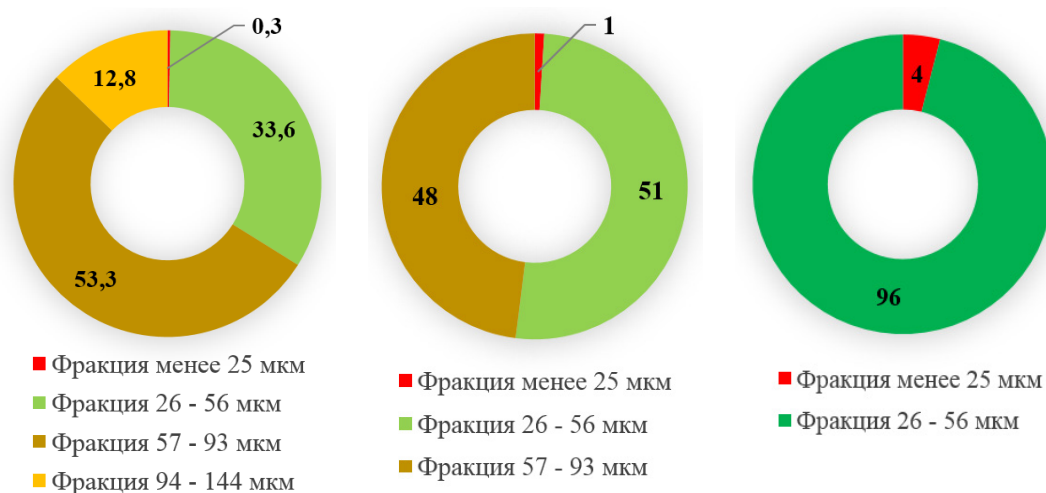
Fig. 5. Appearance of the extrudate obtained by the warm extrusion method (after drying)

После сушки какаоеллу подвергали стадийному механическому измельчению с классификацией фракций. На пальцевой дробилке Ш12-НКВ/2 получали грубо измельченную какаоеллу с размером фракции 150–1000 мкм. Полученную грубую фракцию далее измельчали на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин. В результате чего получили порошок какаоеллы с различной степенью измельчения 10–144 мкм. Далее осуществляли фракционирование полученного порошка на калибровочных ситах (рис. 3). Порошок какаоеллы взвешивали, а затем аккуратно легкими возвратно-поступательными движениями протирали мягкой кистью через изготовленные сита размером с 335 мкм до 25 мкм. Остатки на ситах взвешивали, полученные показатели пересчитывали в процентном соотношении к общей навеске. Полученные фракции порошка какаоеллы на вид не различимы, однако на ощупь значительно отличаются. В более крупных фракциях 212–335 мкм при растирании между пальцев ощущается зернистость, чего не наблюдается во фракции менее 50 мкм.

Полученный фракционный состав порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО приведен на рис. 6.

Анализируя данные, приведенные на рис. 6, можно сделать выводы, что при измельчении какаоеллы после гидротермической обработки с замачиванием 5 мин на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин увеличивается в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм. При измельчении экструдата какаоеллы на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин увеличивается в 2,86 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

Дополнительно определили степень измельчения порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО, посредством анализа электронно-микроскопических изображений. Определение размера частиц порошка какаоеллы осуществляли на предварительно откалиброванном USB-микроскопе цифровом Espada U1600x. Полученный на микроскопе снимок, демонстрирующий размеры частичек порошка какаоеллы приведен на рис. 7.



а

б

в

а – стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице; б – ГТО и стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице; в – ЭО и стадийное измельчение на пальцевой дробилке и шаровой мельнице

Рис. 6. Фракционный состав порошка какаошells

а – staged grinding on a finger crusher and a ball mill; б – GTO and staged grinding on a finger crusher and a ball mill; в – EO and staged grinding on a finger crusher and a ball mill

Fig. 6. Fractional composition of cocoa shell powder

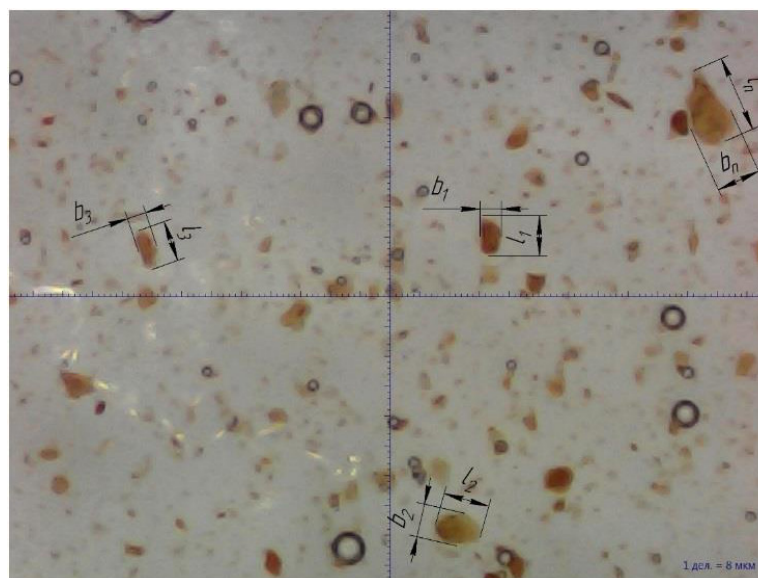


Рис. 7. Снимок изображения частиц порошка какаошells с указанием определяемых размеров

Fig. 7. Photograph of cocoa shell powder particles with the determined sizes indicated

Под размером частицы обычно понимается ее диаметр. С помощью диаметра можно охарактеризовать лишь частицы, имеющие сферическую форму. В случае, когда частица имеет неправильную форму, используется эквивалентный диаметр. В простейшем случае, когда можно измерить все три линейных размера: длину l , ширину b и высоту h , эквивалентный диаметр d_3 рассчитывается как среднее арифметическое [9]:

$$d_3 = \frac{l + b + h}{3}. \quad (1)$$

Поскольку измерение высоты частицы при микроскопическом анализе обычно сопровождается значительными трудностями, то чаще всего эквивалентный диаметр определяется без учета высоты частицы, следовательно, формула (1) примет вид

В качестве одной из характеристик полидисперсной системы часто применяется средний

$$d_s = \frac{l+b}{2}. \quad (2)$$

диаметр частиц системы или ее фракции. Именно средний диаметр используется для оценки удельной поверхности частиц, а также при расчетах параметров технологических процессов и оборудования.

Известны различные способы усреднения размеров частиц. Вид усреднения зависит от используемого метода дисперсионного анализа, вследствие чего найденные различными методами значения средних размеров частиц могут не совпадать [9, 10–12].

Для обработки полученных данных, использовали формулу для определения среднего (поверхностного) арифметического значения [10, 11]:

где d_{si} – эквивалентный диаметр i -ой частицы, мм; n – количество частиц. Количество измеренных

$$d_{cp} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_{si}}{n}}, \quad (3)$$

частиц на снимке изображения микроскопа (рис. 7), $n = 20$.

Путем измерения длины и ширины частичек порошка какаоеллы, согласно рис. 7, полученные значения подставляли в формулы (2) и (3), в результате чего получили данные по которым построены зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какаоеллы, подвергнутой ГТО и ЭО от продолжительности измельчения (рис. 8).

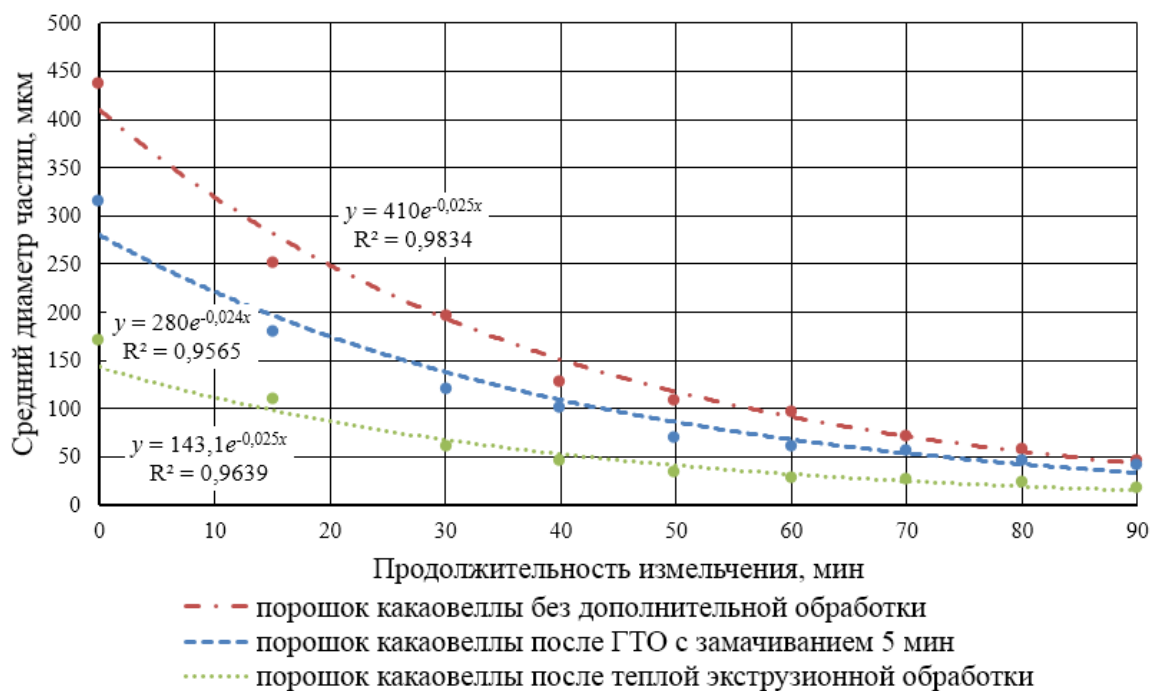


Рис. 8. Зависимости изменения среднего диаметра частиц порошка какаоеллы от продолжительности измельчения

Fig. 8. Dependence of the change in the average diameter of cocoa shell powder particles on the duration of grinding

Приведенные на рис. 8 зависимости наглядно демонстрируют, что ГТО с замачиванием 5 мин и ЭО положительно влияют на процесс измельчения какао-вещицы и позволяют эффективнее достичь требуемой степени измельчения. При этом необходимо отметить, что проведенные исследования позволяют установить требуемый фракционный размер частиц порошка какао-вещицы для использования в различных изделиях.

Заключение. В результате проведенных исследований, установлено:

1. Гидротермическая обработка, включающая в себя замачивание какао-вещицы в холодной воде на 5 мин, извлечение какао-вещицы из воды (процеживание), отволаживание (выдерживание после замачивания и просушивание рассыпью в течение 16 ч для проникновения влаги внутрь какао-вещицы) и сушку при температуре 110 °С до влажности 14 %, влияет на процесс измельчения какао-вещицы. При измельчении какао-вещицы после гидротермической обработки с замачиванием 5 мин на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин получен следующий фракционный состав в процентном соотношении от общей навески: менее 25 мкм – 1 %; 26–56 мкм – 51 %, 57–93 мкм – 48 %; при измельчении какао-вещицы без обработки – менее 25 мкм – 0,3 %; 26–56 мкм – 33,6 %, 57–93 мкм – 53,3 %, 94–144 мкм – 12,8 %. Предлагаемый способ обработки позволяет увеличить в 1,52 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

2. При применении гидротермической обработки вымываются и удаляются вместе с водой часть растворимых веществ из какао-вещицы. Порошок какао-вещицы приобретает маслянистую консистенцию, способствующая затруднительному просеиванию на ситах по сравнению с порошком какао-вещицы без обработки.

3. Применение гидротермической обработки с замачиванием продолжительностью 8 ч для эффективного измельчения какао-вещицы нецелесообразно, так как при данном процессе значительно теряется аромат какао-вещицы, что недопустимо.

4. Использование метода горячей экструзии при экструдировании какао-вещицы для получения экструдата не представляется возможным из-за ее сгорания в рабочей зоне экструдера и потери свойственного ей аромата.

5. Метод теплой экструзии влияет на процесс измельчения какао-вещицы. При измельчении полученного экструдата какао-вещицы на шаровой мельнице Ш12-МШШ с частотой вращения мешалки 231 мин⁻¹ продолжительностью 90 мин получен следующий фракционный состав в процентном соотношении от общей навески: менее 25 мкм – 4 %; 26–56 мкм – 96 %. Предлагаемый способ обработки позволяет увеличить в 2,86 раза выход фракции размером 26–56 мкм.

Предлагаемые способы обработки позволяют существенно снизить объем производственных отходов и использовать какао-вещицу в составе пищевых продуктов в качестве функционального ингредиента, частично или полностью заменяющего какао-порошок. Это способствует снижению себестоимости готовой продукции, расширит сырьевую базу и повысит ресурсную эффективность. Дополнительно предприятие получит добавленную стоимость за счет преобразования отходов производства в востребованный пищевой ингредиент.

Список использованных источников

1. Микробиологическая безопасность порошка из какао-вещицы для использования в кондитерских изделиях повышенной пищевой ценности / Г. О. Магомедов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2016. – № 3. – С. 100–107.
2. Скоклеенко, М. В. Применение вторичных продуктов переработки какао бобов для повышения конкурентоспособности кондитерских изделий / М. В. Скоклеенко, А. И. Куличенко, Т. В. Мамченко // Молодой ученый. – 2014. – № 6(65). – С. 366–368.
3. Технологические решения использования какао-вещицы при производстве пищевой продукции / А. В. Мелешеня, Д. А. Зайченко, С. И. Корзан, А. А. Садовский // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по продовольствию ; под общ. ред. З. В. Ловкиса. – Минск, 2024. – С. 160–169.
4. Фьючерс на какао США: цена и курс [Электронный ресурс] // Investing.com. – URL: <https://ru.investing.com/commodities/us-cocoa>. (дата доступа: 14.01.2026).
5. Полуфабрикаты шоколадного производства. Какао-вещица молотая. Технические условия = Паўфабрыкаты шакаладнай вытворчасці. Какававэла молатая. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 1206-2000. – Введ. 01.09.2000. – Минск: Госстандарт, 2000. – 9 с.
6. Какао-вещица молотая. Технические условия = Какававэла молатая. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 34073-2017. – Введ. 01.07.2018. – Минск: Госстандарт, 2018. – 13 с.

7. Какао-жмых и какао-порошок. Общие технические условия = Какава-жмых і какава-парашок. Агульныя тэхнічныя ўмовы : СТБ 1205-2012. – Взамен СТБ 1205-2000 ; введ. 01.09.2013. – Минск: Госстандарт, 2013. – 19 с.
8. Какао-порошок. Технические условия = какава-парашок. Тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 108-76. – Введ 01.01.1977. – Минск: Госстандарт, 2011. – 9 с.
9. Гранулометрический анализ. Представление результатов. Часть 2. Расчет средних размеров/ диаметров частиц и моментов по распределению частиц по размерам = Грануламетрычны аналіз. Уяўленне вынікаў. Частка 2. Разлік сярэдніх памераў/дыяметраў часцінак і момантаў па размеркаванні часцінак па памерах : ISO 9276-2:2014. – Взамен ISO 9276-2:2001 ; введ. 15.05.2014. – Минск : Госстандарт : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2014. – 36 с.
10. Гаврилова, Н. Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов: учеб. пособие / Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О. В. Яровая. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 52 с.
11. Расчеты аппаратов кипящего слоя: справочник / А. П. Баскаков [и др.] ; под ред. И. П. Мухленова [и др.]. – Л. : Химия, 1986. – 352 с.
12. Домкин, К. И. Физические основы измерения размера частиц / К. И. Домкин, В. А. Трусков, А. М. Гусев // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2011. – Т. 2. – С. 256 – 259.

Информация об авторах

Мелешеня Алексей Викторович, кандидат экономических наук, доцент, генеральный директор РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Зайченко Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент, заместитель генерального директора по научной и инновационной работе РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: info@belproduct.com

Корзан Сергей Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

Information about the authors

Meleschenya Aleksey Viktorovich, PhD (Economic), Associate Professor, General Director of RUE «Scientific and Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Zaichenko Dmitry Alexandrovich, PhD (Technical), Associate Professor, Deputy General Director for Scientific and Innovation Work of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: info@belproduct.com

Korzan Sergey Ivanovich, PhD (Technical), Senior Researcher of the Department of New Technologies and Technology of RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru