УДК 631.371:621.311.004.18

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ШОКОЛАДНЫХ МАСС

Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В.

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: mysnegana@mail.ru

В статье представлен анализ способов измельчения твердой фазы (сахара и какао) полуфабриката шоколадного производства – шоколадных масс. Выявлены недостатки традиционных мельниц классических технологических схем переработки какао бобов в готовую продукцию. Установлена возможность интенсификации схем путем совмещения стадий диспергирования при внедрении в аппаратурно-технологические системы электрофизических методов механоактивации. Проанализирована возможность улучшения качества продукции и сокращения энергозатрат при внедрении в классические схемы производства шоколадных масс способа механоактивации с использованием эффектов электромагнетизма.

Ключевые слова: измельчение, шоколадная масса, электромагнитные механоактиваторы

THE ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE METHODS OF GRINDING CHOCOLATE MASS

Bezzubceva M.M., Volkov V.C., Kotov A.V.

St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, e-mail: mysnegana@mail.ru

There is the analysis of methods of grinding within solid phase (sugar and cacao) of half-stuff in chocolate production – chocolate mass. The weaknesses connected with mills of classical technological schemes for processing cocoa beans into finished products are indentified. There is the possibility of intensifying schemes due to combination of dispersing stages in the situation of introduction of the electrophysical methods of mechanoactivation into a hardware-technological systems. The article includes the analysis of possibilities of improvement of product quality and reduction of energy connected with introduction the method of mechanoactivation with using effects of electromagnetism into the classical schemes of production of chocolate mass.

Keywords: grinding, chocolate mass, electromagnetic mechanoactivators

Кондитерская промышленность призвана обеспечить устойчивое снабжение населения высококачественными продуктами питания в объемах и ассортименте, необходимых для формирования правильного, всесторонне сбалансированного рациона питания на уровне физиологически рекомендуемых норм потребления.За последние годы во многих кондитерских организациях проведена модернизация производства с оснащением аппаратурно-технологических систем переработки какао бобов импортным оборудованием. Вместе с тем износ производственного оборудования в целом по отрасли составляет 40 процентов. В настоящее время актуальной является проблема модернизации шоколадного производства и наращивания мощностей за счет проведения технического перевооружения предприятий на основе инновационного-отечественного ресурсо- и энергосберегающего оборудования, обеспечивающего повышение качества и снижения энергоемкости готовых шоколадных изделий.

Целью исследования является обоснование возможности улучшения качества и снижение энергоемкости шоколадных масс при внедрении в аппаратурно-технологические системы производства шоколадных изделий электрофизических методов механоактивации.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются способы интенсификации классических технологических схем производства шоколадных масс путем сокращения и совмещения операций перемешивания и диспергирования рецептурных компонентов сахара и какао. Использованы методы анализа и синтеза.

Результаты исследования и их обсуждение

Многостадийность процесса измельчения в классической технологической схеме производства шоколада вызванаразличными реологическими свойствами рецептурных компонентов (сахара и какао) и отсутствием промышленного оборудования, позволяющего совмещать стадии крупного, среднего, тонкого измельчения и перемешивания в одном аппарате. Поскольку сахар представляет собой хрупкий материал, то рациональным способом для его диспергирования является удар. Пластичное какао эффективнее измельчать истирающими нагрузками в сочетании со сжатием. Результаты исследований прочности частиц сахара и какао при динамических и статических нагрузках представлены на рис. 1, 2 и 3 [1].

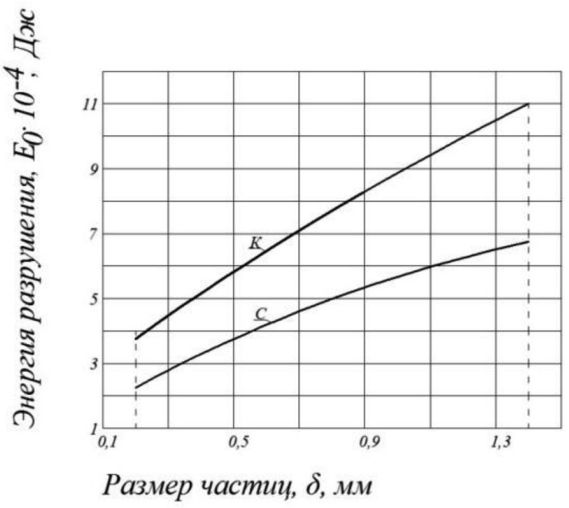

Рис. 1. Зависимость энергии начала разрушения частиц сахара (с) и какао (к) разных диаметров размольным элементом сферической формы диаметром d = 6 мм (динамическое сжатие)

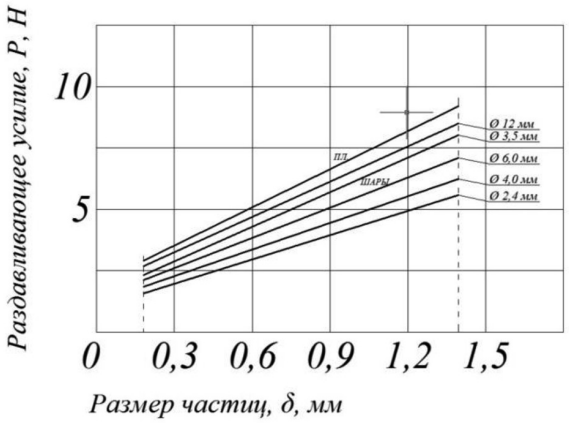

Рис. 2. Зависимость раздавливающего усилия P, создаваемого размольными элементами сферической формы с диаметрами d = 2,4…12 мм и плоским наконечником от размера частиц δ какао

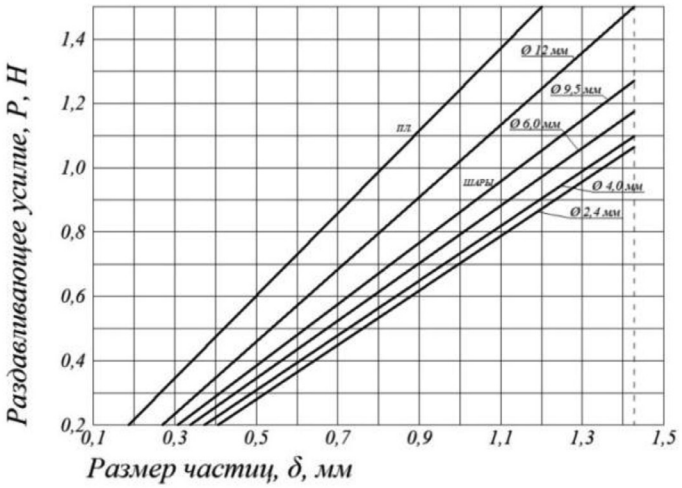

Рис. 3. Зависимость раздавливающего усилия P, создаваемого размольными элементами сферической формы с диаметрами d = 2,4…12 мм и плоским наконечником от размера частиц δ сахара

Фракционный состав шоколадных масс

Размер фракции, мкм	Доля дисперсной фазы(%) шоколадной массы		
	Установка фирмы Wiener	Установкаконструкции ПКБ Литвы	Классический способ
63–30	3,0	2,5	2,7
30–10	22 ,2	24,2	23,9
менее 10	74,8	73,3	73,4

Анализ зависимостей свидетельствует, что реализованный в мельницах способ измельчения [2] предопределяет качество и энергоемкость получаемой готовой продукции.

В технологии шоколадного производства практическое применение получили два основных вида измельчения: при помощи одной поверхности твердого тела (методом удара) и при помощи двух поверхностей твердого тела между валками, дисками или шарами (методом удара, сжатия и истирания). Эти способы диспергирования реализованы в шариковых, восьми и пятивалковых мельницах и др. Технологический эффект диспергированияшоколадных масс на мельницах традиционного принципа действия представлен в таблице [3].

Данные таблицы свидетельствуют о высоком содержании в продукте частиц дисперсной фазы с размером менее 10 мкм. На долю «вредных» фракций приходится около 74 %, что вызывает рост вязкости шоколадных масс и нарушает условия дальнейших технологических операций в производстве шоколадных изделий [4]. Снижение вязкости до регламентированных значений за счет добавления какао-масла увеличивает себестоимость готового продукта и приводит к нерациональному расходу дорогого импортного сырья – какао бобов.

Необходимо отметить, что в настоящее время основным оборудованием для тонкого диспергирования шоколадных масс являются пятивалковые мельницы, выпускаемые зарубежными фирмами Bauermeister, Buhler, Carle Montari и др. Установлено, что пятивалковые мельницы не отвечают современным условиям производства, так как имеют небольшую производительность (200–500 кг/ч) и высокую энергоемкость (125 кВт·ч/т), гранулометрический состав продуктов помола находится в широком диапазоне дисперсности. Поэтому в последние годы предпринимаются попытки заменить пятивалковые мельницы другим видом измельчающего оборудования, в частности шариковыми или струйными мельницами. Фирмой Wiener (Голландия) разработана установка для приготовления шоколадных масс, в которой измельчающим устройством является аттритор (шариковая мельница). В процессе циркуляции рецептурной смеси по замкнутому контуру «коншмашина-аттритор-вкусопреобразователь» происходит ее измельчение, гомогенизация и конширование. На установке ПКБ Литвы процесс измельчения и гомогенизации шоколадных масс также происходит непрерывно в шариковой мельнице. Применение струйных мельниц улучшает качество помола только в сочетании с классификатором, что усложняет схему производства и повышает энергоемкость готовой продукции. Применение шариковых и струйных мельниц несколько интенсифицирует классический способ производства и позволяет получить более гомогенную массу, но не приводит к заметным изменениям дисперсности твердой фазы шоколадных масс (таблица), а также не позволяет решить актуальную современную проблему производства – проблему ресурсо- и энергосбережения.

Одним из основных направлений повышения эффективности шоколадного производства является совершенствование классической технологической схемы приготовления шоколадных месс за счет совмещения [5] или сокращения многочисленных стадий диспергирования путем внедрения в конструктивное исполнение мельниц электрофизических методов механоактивациии [6, 7, 8]. Наиболее перспективными являются способы диспергирования продуктов в смеси с мелющими телами при высоких скоростях соударений, которые реализуются в энергонапряженных измельчающих устройствах, использующих для создания измельчающего усилия эффекты электромагнетизма. В нестоящее время для ускорения процессов измельчения и перемешивания продуктов используют переменные (вращающееся, пульсирующее и др.) магнитные поля, воздействующие на ферромагнитные размольные элементы (шары, цилиндры, ролики различных размеров),

размещенные в рабочей камере вместе с обрабатываемым продуктом. К таким аппаратам относятся электромагнитные измельчители (ЭМИ), вихревые электромагнитные аппараты (ВЭА) и электромагнитные механоактиваторы (ЭММА).

На основании анализа теоретических и экспериментальных исследований [9,10,11] выявлены следующие преимущества ЭММА:

1. Использование постоянного по знаку и регулируемого по величине электромагнитного поля для формирования в магнитоожиженном слое ферромагнитных размольных элементов ударно-истирающих нагрузок через прослойку обрабатываемого продукта обеспечивает энергонапряженный характер диспергирующих сил и легко подлежит автоматизации, что соответствует требованиям организации процесса измельчения продуктов различного целевого назначения, в том числе и твердой фазы шоколадных масс.

2. Внедрение в линии производства аппаратов типа ЭММА не нарушает технологических условий переработки какао бобов в готовую продукцию и позволяет интенсифицировать классическую схему производства шоколадных масс путем совмещения стадий диспергирования и перемешивания.

3. ЭММА можно рассматривать как усилитель мощности, что позволяет сократить энергоемкость процесса в 1,7 раза.

4. За счет энергонапряженного и управляемого силового воздействия на продукт повышается степень измельчения до 97,2 % и снижается в 1,8 раза массовая доля частиц размером менее 10, что способствует улучшению качества продукции и сокращению расхода дорогостоящего импортного сырья – какао масла на 2,5 %.

Заключение

В результате исследований выявлен энерго- и ресурсосберегающий электромагнитный способ измельчения полуфабрикатов шоколадного производства, реализованный в аппаратах отечественного производства – электромагнитных механоактиваторах. Установлена возможность улучшения качества и снижения энергоемкости шоколадных масс путем ее обработки электромагнитным способом по технологической схеме с совмещенными стадиями перемешивания и измельчения.

Список литературы

Беззубцева М.М., Платашенков И.С. Методика подбора оптимального усилия в измельчителях ударного способа действия. В сборнике: Технологии и средства механизации сельского хозяйства сборник научных трудов. М-во сел. хоз-ва РФ, Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т; [гл. ред. Л.В. Тишкин и др.]. Санкт-Петербург, 2007. – С. 10–14.

Беззубцева М.М. Способ измельчения шоколадных масс // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1993. – № 5–6. – С. 65–67.

Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Прикладная теория электромагнитной механоактивации (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2 – С. 101–102.

Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 232–234.

Беззубцева М.М. К вопросу интенсификации процесса перемешивания продукта в аппаратах с магнитоожиженным слоем ферротел // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8–3. – С. 135–136.

Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171.

Беззубцева М.М. Исследование процесса диспергирования продуктов шоколадного производства с использованием электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 5–2. – С. 78–79.

Беззубцева, М.М. Интенсификация классических технологических схем переработки сырья на стадии измельчения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2–2. – С. 132–133.

Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Определение сил и моментов, действующих на систему ферромагнитных размольных элементов цилиндрической формы в магнитоожиженном слое рабочего объема электромагнитных механоактиваторов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 504–508.

Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование физико-механических процессов в магнитоожиженном слое-феррочастиц // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1–1. – С. 13–17.

Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Волков В.С. Теоретические исследования деформированного магнитного поля в рабочем объеме электромагнитных механоактиваторов с магнитоожиженным слоем размольных элементов цилиндрической формы // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–4. – С. 689–693.

Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу расчета энергетики рабочего процесса в электромагнитных механоактиваторах (ЭММА) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 7. – С. 129–130.