

УДК 631.371:621.311.004.18

## К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ПИЩЕВОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ

**Беззубцева М.М., Обухов К.Н.**

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

В статье изложены результаты исследования процесса электромагнитной механоактивации сельскохозяйственного сырья (смеси какао-бобов и сахарного песка), которые представлены в виде зависимости степени измельчения от продолжительности обработки и функций распределения зернового состава полученной смеси – полуфабриката шоколадной массы. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих исследований. В результате проведенных исследований установлена возможность получения на ЭММА шоколадной массы порошкообразной сыпучей консистенции со стандартизированной степенью измельчения непосредственно из какао-крупки и сахарного песка без предварительного их измельчения.

**Ключевые слова:** механоактивация, процесс диспергирования, сельскохозяйственное сырье, измельчающее усилие

## TO THE QUESTION OF RESEARCH OF PROCESS OF THE ELECTROMAGNETIC MECHANOACTIVATION OF FOOD AGRICULTURAL RAW MATERIALS

**Bezzubceva M.M., Obuhov K.N.**

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

Results of research of process of electromagnetic mechanoactivation of agricultural raw materials (mix of a kakovella and granulated sugar) which are presented in the form of dependence of extent of crushing on duration of processing and functions of distribution of grain composition of the received mix – a semi-finished product of chocolate weight are presented in article. The obtained data will be agreed with results of the previous researches. As a result of the conducted researches possibility of receiving on electromagnetic grinders of chocolate mass of a powdery loose consistence with the standardized extent of crushing degree directly from cocoa-groats and granulated sugar without their preliminary crushing is established.

**Keywords:** mechanoactivation, dispersing process, the agricultural raw materials, crushing effort

Переход предприятий АПК к энергосберегающим технологиям предусматривает разработку и внедрение в аппаратурно-технологические системы переработки растительного сырья инновационных электротехнологий с использованием электрофизических методов механоактивации. Ведущее место при переработке какао-бобов в готовую продукцию занимают многочисленные процессы измельчения (механоактивации). Эффективность проведения процессов определяет качественные показатели готовых шоколадных изделий и энергоёмкость всего производства. Перспективным направлением в этой области является применение инновационного способа создания измельчающего усилия в магнитоожигенном слое ферроэлементов – размольных органов механоактиваторов. Проведенные за последние годы работы по формированию фундаментальной теории электромагнитного способа измельчения и создание на этой основе аппаратов нового типа – электромагнитных механоактиваторов (ЭММА), расширили представление о возможности практического использования постоянных электромагнитных полей для диспергирования продуктов различного целевого назна-

чения, в том числе и полуфабрикатов шоколадного производства.

Целью исследования является интенсификация процесса механоактивации полуфабрикатов шоколадного производства электромагнитным способом.

### Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются кинетические закономерности измельчения полуфабрикатов шоколадного производства при различных энергетических и скоростных режимах работы ЭММА. Анализ закономерностей проведен экспериментально-статистическими методами.

### Результаты исследования и их обсуждение

С целью установления времени обработки пищевого сельскохозяйственного сырья шоколадного производства (смеси какао-бобов и сахарного песка) [1, 2, 4] на инновационных аппаратах – ЭММА [3, 7, 8, 10] исследованы кинетические закономерности процесса диспергирования в режимах работы устройства [5, 6]:  $n = 23 \text{ с}^{-1}$ ,  $V = 0,4 \text{ Тл}$ . Механоактивацию проводили в течение 10 минут. Пробы для дисперсионного анализа отбирали через каждые 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 минут от начала обработки.

Полученные в ходе эксперимента данные представлены в виде зависимости степени измельчения от продолжительности обработки (рис. 1) и функций распределения зернового состава полученной смеси – полуфабриката шоколадной массы (рис. 2).

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением продолжительности обработки степень измельчения смеси увеличивается с перераспределением фракционного состава частиц в область более измельченного материала. За 6 минут обработки массовая доля частиц размером менее 50 мкм составляет 97,5 %, за 8 и 10 минут такую же долю составляют частицы размером 40 и 30 мкм. Характерно, что функции распределения частиц в пробах шоколадных масс, полученных за разные промежутки времени, расположены параллельно друг другу, что свидетельствует об одинаковых свойствах гранулометрического состава продуктов, характеризующихся показателем однородности  $\delta = 1,59$  для всех проб.

Как видно из графика  $D = \varphi(t)$ , наиболее интенсивно процесс диспергирования происходит за первые 8 минут обработки. При этом содержание контролируемых стандартом фракций размером менее 30 мкм составляет 92,5 % и соответствует требованиям, предъявляемым к качеству обыкновенных шоколадных масс. При увеличении времени обработки от 8 до 10 мин скорость измельчения падает за счет упрочнения частиц при увеличении их дисперсности и за 10 минут количество регламентированных фракций в смеси увеличивается до 97,5%, что отвечает требованиям стандарта на качество десертного шоколада.

Таким образом, в зависимости от назначения шоколадных масс и технологии обра-

ботки (гомогенизации – для обыкновенных сортов шоколада и конширования – для десертных) процесс механоактивации рецептурной смеси электромагнитным способом практически заканчивается за 8 минут для обыкновенных шоколадных масс и за 10 минут при производстве десертных сортов шоколада. При этом необходимо отметить, что доля мелких фракций ( $\delta < 10$  мкм) составляет для обыкновенной шоколадной массы 20%, а для десертной – 40%, что примерно в 2 раза меньше, чем при измельчении шоколадных масс на традиционном оборудовании (пятивалковые и шариковые мельницы).

Полученные данные согласуются с результатами предыдущих исследований, что подтверждает правильность предположения положенных в основу электромагнитного способа формирования измельчающего усилия [6, 7, 8, 10]. Возможность тонкого управления процессом измельчения позволила подчинить работу ЭММА технологическим требованиям диспергирования и определить рациональные режимы работы для получения продукта с заданным технологией гранулометрическим составом. При величине индукции магнитного поля в рабочем объеме аппарата  $B = 0,37$  Тл, частоте вращения ротора  $n = 23,4$  с<sup>-1</sup> и коэффициенте объемного заполнения размольными элементами сферической формы диаметром 4 мм  $K = 0,35$  достигается оптимальное соотношение между однородностью шоколадной массы = 1,55 и степенью ее измельчения  $D = 97,2\%$  (по Реутову). При этом доля частиц в диапазоне от 10 до 30 мкм увеличивается (по сравнению с традиционными способами измельчения) примерно в 2 раза и составляет 66%, что приводит к экономии какао-масла в производстве готового шоколада до 2,5%.

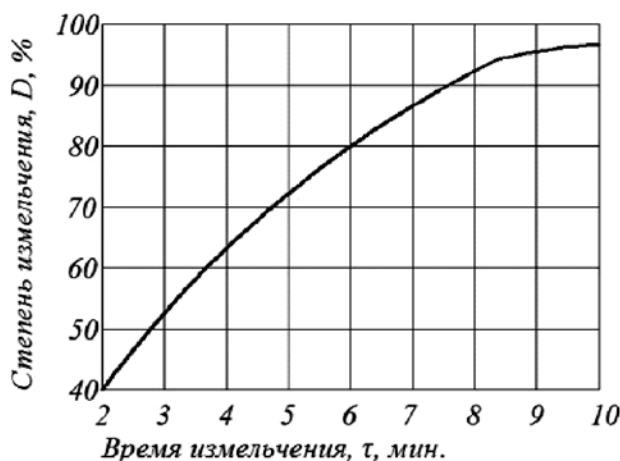


Рис. 1. Кинетика диспергирования смеси на ЭММА

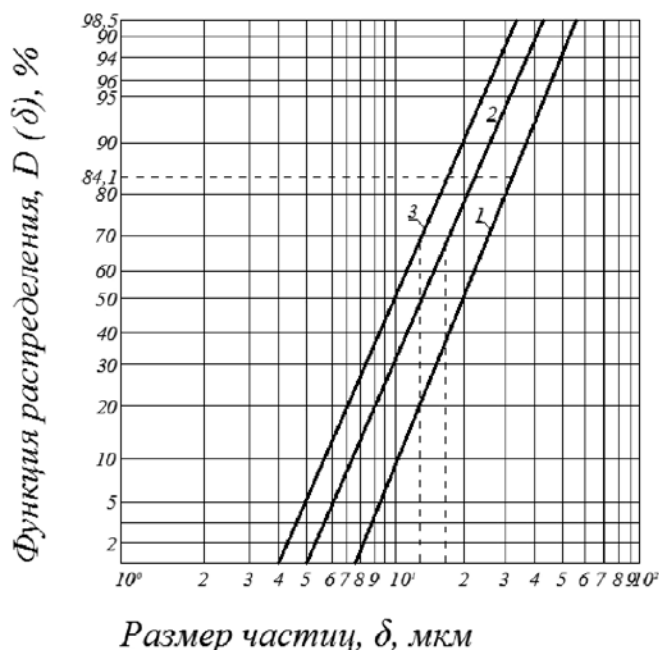


Рис. 2. Функции распределения частиц смеси, полученной на ЭММА за время обработки  $\tau$ , мин:  
1 –  $\tau = 6$  мин; 2 –  $\tau = 8$  мин; 3 –  $\tau = 10$  мин

В результате проведенных исследований установлена возможность получения на ЭММА шоколадной массы порошкообразной сыпучей консистенции с жирностью  $J = 18,5\%$  и стандартизированной степенью измельчения непосредственно из какао-крупки и сахарного песка без предварительного их измельчения. Это позволяет интенсифицировать классическую технологическую схему производства шоколадных масс путем сокращения стадий диспергирования (сахарного песка до сахарной пудры и какао-крупки до какао-тертого) [1, 2, 4, 5]. Одностадийное диспергирование сокращает потери сырья (какао продуктов и сахара) с 1,8% до 1,2%.

### Заключение

Внедрение электромагнитного способа измельчения [7, 8, 9, 10] в технологию производства шоколадных масс позволяет заменить импортное оборудование инновационным отечественным аппаратом (ЭММА), способствует повышению выхода продукции при снижении энергоемкости и улучшении качества готовых изделий.

### Список литературы

1. Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – №3. – С. 171.
2. Беззубцева М.М. Исследование процесса диспергирования продуктов шоколадного производства с использованием электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 5-2. – С. 78-79.

3. Беззубцева М.М. Электромагнитное устройство для измельчения и перемешивания продуктов шоколадного производства // Патент России № 2043727, 20.09.1995. Бюл. № 93025336/13.

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

5. Беззубцева М.М. Энергосберегающие технологии диспергирования сырья растительного происхождения. В сборнике: Инновации – основа развития агропромышленного комплекса материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Комитет по аграрным вопросам ГосДумы РФ, Правительство Санкт-Петербурга, Правительство Ленинградской области, С.-Петербургский государственный аграрный университет, ОАО «Ленэкспо», 2010. – С. 65-66.

6. Беззубцева М.М., Волков В.С. Обеспечение условий управления процессом измельчения продуктов в электромагнитных механоактиваторах (ЭММА) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 7. – С. 93–94.

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

8. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Загаевски Н.Н. Формирование диспергирующих нагрузок в магнитооживленном слое электромагнитных механоактиваторов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №10. – С. 78–80.

9. Беззубцева М.М., Прибытков П.С. Пастернак П.П. Расчет электромагнитного механоактиватора с применением программного комплекса ANSYS // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: сборник научных трудов. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2009. – С. 245–246.

10. Bezzubceva M.M., Ruzhyev V.A., Yuldashev R.Z. Electromagnetic mechanoactivation of dry construction mixes. International Journal of Applied And Fundamental Research. – 2013. – № 2. – URL: www.science-sd.com/455-24165 (16.11.2013)