

2. Crews C., Castle L. A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods / Trends Food Sci. Technol. – 2007. – Vol. 18. – P. 365–372.
3. Hasnip S., Crews C., Castle L. Some factors affecting the formation of furan in heated foods / Food Addit. Contam. – 2006.–Vol. 23.– P. 219–227.
4. Mariotti M.S., Toledo C., Hevia K., Gomez J.P., Fromberg A., Granby K., Rosowski J., Castillo O., Pedreschi F. Are Chileans exposed to dietary furan? / Food Addit. Contam. Part A.–2013.–Vol. 30.– P. 1715–1721.
5. Kim M.Y., Her J.Y., Kim M.K., Lee K.G. Formation and reduction of furan in a soy sauce model system / Food Chem. – 2015. – Vol. 189. – P. 114–119.
6. Shinoda Y., Komura H., Homma S., Murata M. Browning of model orange juice solution: factors affecting the formation of decomposition products/Biosci. Biotechnol. Biochem.–2005.–Vol. 69.–P. 2129–2137.
7. Exploratory data on furan in food: individual food products [Electronic resource] U.S. FDA (Food and Drug Administration). – 2008. – Mode of access: <http://www.fda.gov/Food/FoodborneIllnessContaminants/ChemicalContaminants/ucm078439.htm>. – Date of access: 24.11.2025.

УДК 663.91

С. С. Ветохин, проф., канд. физ.-мат. наук (БГТУ, Минск);  
В. И. Хиневич, д-р сельск.-хоз. наук (ООО «ВеллаПродукт», г. Минск)

### **КАКАОВЕЛЛА МИКРОНИЗИРОВАННАЯ – СВОЙСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ**

Какаовелла представляет собой оболочку или шелуху какао-боба. Она отличается высокой твёрдостью, чтобы защитить от разрушения хрупкое ядро, состоящее из двух семядолей. В среднем, она составляет 12-17% от массы какао-боба. При мировом производстве какао-бобов около 1 200 000 т в год, на долю какаовеллы приходится до 140 000 т. Утилизация этих отходов увеличивает себестоимость основных продуктов переработки бобов: какао порошка и какао масла.

Ранее считалось, что какаовелла не представляет пищевой ценности, так как она почти не переваривается из-за высокого содержания целлюлозы. Однако при большом количестве рафинированной пищи клетчатка оказалась полезной для пищеварения. Кроме того, в ней выявили наличие значимых количеств других полезных веществ,

что сделало шелуху продуктом в себе, от которого избавиться жалко и широкого применения не найти.

Современные технологии помола позволяют получать порошок какаоеллы со средним размером частиц 50 – 100 мкм, в то время как у какао-порошка размеры частиц могут быть менее 15 мкм. При таких размерах частиц продукты с какаоеллой хрустят на зубах, что чаще всего неприемлемо. Кроме того, наблюдается быстрый износ оборудования, что связано с более высокой, чем у какао-бобов, твердостью и абразивностью шелухи, на которые не рассчитаны меланжеры и промышленные мельницы. При этом считается, что какаоелла ухудшает вкус шоколада и не может вводиться в шоколадные изделия в значимых количествах.

В этой связи какаоелла в основном предлагается шоколадными фабриками без дополнительного измельчения в качестве мульчи для дачников или сжигается.

Тем не менее имеются многочисленные примеры попыток более эффективного использования какаоеллы. Так, в российском патенте [1] предлагается делать из шелухи водно-этанольную вытяжку – ароматизированного препарата с F-витаминной активностью. Известно применение теобромина, полученного из какаоеллы в медицинских целях как возбудителя сердечной мышцы и центральной нервной системы [2].

Вполне возможно применение какаоеллы и в производстве кормов для животных, благодаря наличию ценных биологически активных соединений (теобромин, кофеин, флавоноиды и др.) [3, 4]. Однако при этом теобромин выступает как вежество, ядовитое для многих животных, и требует удаления, что повышает стоимость продукта [5, 6].

Очевидно, при должной переработке какаоелла может быть использована в пищевых продуктах и кормах, а также как источник ценных биологически активных веществ. При этом эффективность ее использования напрямую зависит от предварительной обработки, в частности степени измельчения: более мелкие частицы обладают развитой поверхностью (обратно пропорциональной квадрату радиуса), что повышает скорость экстракции, не создают ощущения песка во рту. Однако большинство применявшихся до недавнего времени методов размельчения, в том числе действие ударного типа, химическая обработка, инфракрасные лучи, лазерное облучение, дезинтеграция [7, 8], не дают должного результата.

Наши поиски приемлемого метода привели к идее помола частиц в циклической высокоскоростной струе газа за счет возникаю-

щих в ней резких скачков давления. При этом цикл «поп корна» в камере помола для каждой частицы осуществляется многократно [9]. В результате чешуйки шелухи разрываются в местах спаянности, структурных дефектов и напряжений с получением частиц с размерами вплоть до долей микрометра, а «нехрустящая» фракция (размер частиц до 50 мкм) образуется с минимальными затратами. При этом в процессе измельчения не участвуют ножи, ударные поверхности, специальные выступы и другие быстро изнашиваемые элементы обычных мельниц и дезинтеграторов [10].

Экспериментальная установка для микронизации какаоеллы обеспечила с 75-киловаттным компрессором, создающим перепад давлений до 8 атм, производительность на уровне 50 кг/час при среднем размере частиц менее 30 мкм. Суточная производительность с учетом регламентных работ может достигать 2 тонн.

Полученный микронизированный порошок какаоеллы, прошедший СВЧ-обработку для уничтожения микрофлоры, испытывался на ОАО «Молочный Мир» (г. Гродно) и ГП «Минский хладокомбинат №2» (г. Минск) в составе кондитерской глазури на творожных глазированных сырках и в составе мороженого эскимо «Каштан шоколадный» и получил положительные отзывы экспертов предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Квасенков О. И., Ломачинский В. А., Касьянов Г. И. Способ переработки какаоеллы / Патент RU93057615А, 1993.
2. Гречкина В. В. И др. Влияние химической обработки на повышение питательности веществ какаоеллы, модель «in vitro» / Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104, № 3. – С. 104–112.
3. Awad W. A. et al. Effect of dietary inclusion of probiotic and synbiotic on growth performance, organ weights, and intestinal histomorphology of broiler chickens. *Poultry Science*. 2009. V. 88, No. 1. – P. 49–56.
4. Антипова Л. В., Морковкина И. А., Попов В. И. Использование молочного и растительного сырья как основы для функциональных продуктов / Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 2-3 (326-327). – С. 81–84.
5. Gheisar M. M., Kim I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review / *Ital J Anim. Sci*. 2018. V. 17. No. 1. – P. 92–99.
6. Kang J. X., Wan J. B., He C. Concise review: regulation of stem cell proliferation and differentiation by essential fatty acids and their metabolites / *Stem Cells*. 2014. V. 32. No. 5. – P. 1092–1098.
7. Rocha M. et al. Evaluation of dilute acid pretreatment on cashew apple bagasse for ethanol and xylitol production / *Chem. Eng. J*. 2014. V. 243. – P. 234-243.

8. Upadhaya S. D., Kim S. J., Kim I. H. Effects of gel-based phyto-genic feed supplement on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and intestinal morphology in weanling pigs / J. Appl Anim Res. 2016. V. 44. No. 1. – P. 384–389.

9. Хиневич В. И., Ветохин С. С. Способ микронизации какао-веллы / Патент РБ № ВУ24460, 2024.

10. Мурог В. Ю., Вайтехович П. Е., Боровский Д. Н. Помольно-классифицирующие мельницы дезинтеграторного типа / Труды БГТУ. Сер. Химическая технология неорганических веществ. 2008. – С. 113–117.

УДК 84.01.73

С. С. Ветохин, канд. физ.-мат. наук, проф.,  
И. И. Заяц, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, Минск);  
А. Е. Онтушиева, докторант (Южно-Казахстанский государственный  
университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Республика Казахстан)

### **ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА**

Статистические методы контроля качества наиболее оперативно обеспечивают стабильность и должный уровень основных параметров продукции [1]. В основе статистического контроля лежат измерения и анализ данных, что позволяет наблюдать за процессом производства и уточнять действующую технологическую модель [2]. В менеджменте качества – это, прежде всего: статистический контроль процесса (SPC), анализ измерительных систем (MSA), методы выборочного контроля и оценка надежности процесса и продукции [3].

SPC – это процесс проверки продукта или услуги в процессе их производства [4]. В производственных процессах SPC используется для анализа того, насколько надежно и стабильно идет производственный процесс, для своевременной его коррекции или остановки, не допуская появления брака [5]. При этом отслеживается стабильность основных характеристик продукции в течение определенного периода времени, а по результатам наблюдения строят контрольные карты, известные и в таких методологиях, как «шесть сигм» и всеобщее управление качеством [6].

Очевидно, масложировая отрасль не является исключением и требует повсеместного внедрения современных подходов к управлению качеством, в том числе методов статистического анализа и контроля в условиях соответствия продукции и требованиям покупателей,