

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. Хиневи́ч 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,

в том числе в плане ее функциональных характеристик [7]. При этом основное внимание уделяется качеству сырья и соблюдению технологических норм [8] в условиях контроля требуемого уровня качества на всех этапах производственного цикла: входной контроль сырья, отслеживание параметров технологического процесса, выходной контроль готовой продукции [5].

Производство растительных масел, в частности хлопкового масла, представляет собой многостадийный процесс, требующий строгого контроля качества на всех этапах переработки сырья и на каждом этапе которого возможно возникновение отклонений, влияющих на конечное качество продукции. Одним из важнейших показателей качества масла является кислотное число, которое напрямую связано со степенью гидролиза триглицеридов и определяет пригодность масла в пищу [7]. Повышенное кислотное число может свидетельствовать о недостаточной очистке или нарушениях условий хранения и переработки сырья. Научное обоснование внедрения статистического контроля подкрепляется результатами многолетних исследований, демонстрирующих высокую эффективность SPC для повышения воспроизводимости процессов [9].

Среди статистических методов контроля качества чаще всего применяются контрольные карты, индивидуальных значений (X-карта) и скользящих размахов (MR-карта), и показатели пригодности процессов. Получаемые при этом графики и гистограммы отличаются высокой наглядностью и позволяют своевременно выявлять нестабильные периоды производства, принимать обоснованные решения по корректировке технологических режимов и предотвращать выпуск продукции, не соответствующей требованиям [10].

В данной работе представлен анализ процесса производства хлопкового масла, дана оценка стабильности производства по одному из ключевых показателей – кислотному числу – с использованием контрольных карт и индексов пригодности процесса на одном из предприятий Южного Казахстана (далее – Предприятие). Исследование проводилось на этапах дезодорации, отбелки и вакуумирования с использованием карт контроля типа X и MR.

Для анализа использовались производственные данные за один месяц работы Предприятия в 2024 г. Показатель кислотного числа измерялся на каждом этапе процесса в лаборатории Предприятия с использованием титриметрического метода согласно ГОСТ 31759-2012 и ISO 660:2020. Данные собирались с помощью интегрированной системы SCADA, используемой на Предприятии для диспетчерского контроля и сбора параметров технологического процесса в режиме ре-

ального времени.

Анализ проводился с использованием Microsoft Excel и программного обеспечения STATISTICA v.10, в котором имеется вкладка «Промышленная статистика», позволяющая проводить анализ больших объемов производственных данных.

Контроль стабильности технологического процесса проводился на основании X- и MR-карт, что позволило выявить устойчивость процессов на каждом этапе переработки. Использование MR-карт оправдано при малом объеме выборок или индивидуальных измерениях [11], что соответствует условиям технологического мониторинга на масложировом производстве.

Для каждого этапа были собраны данные кислотного числа, полученные в рамках производственного контроля за период не менее 100 последовательных наблюдений. Параметры карт рассчитывались по стандартной методике: центральная линия (CL), верхний и нижний контрольные пределы (UCL и LCL), определяемые на основе среднеквадратического отклонения и средних значений выборок.

Дополнительно был рассчитан индекс воспроизводимости процесса C_p , который позволяет оценить соответствие процесса установленным техническим требованиям по определяемому показателю. Так как требования к кислотному числу установлены в виде «не более», то был рассчитан верхний индекс воспроизводимости C_{pu} . Допустимые значения индекса воспроизводимости проверяли на соответствие рекомендациям ГОСТ Р ИСО 22514-1-2015, где критическим считается уровень $C_{pk} < 1,33$.

В результате обработки данных были получены значения кислотного числа в пределах 0,11-0,19 мг КОН/г (при 4,6 в исходном сырье), среднего квадратического отклонения 0,02-0,04 мг КОН/г, что отвечает требованиям стандарта.

Для процесса вакуум-сушки получено $C_p = 2,29$, что дает вероятную долю несоответствий не более 66 ppm в соответствии с ГОСТ Р 22514-1-2015. Однако процесс не является стабильным как по индивидуальным значениям, так и по размахам, так как на контрольных картах имеются точки, которые находятся вне границ допустимой изменчивости.

Анализ данных по процессу отбеливания показывает, что индекс воспроизводимости процесса составляет 1,07, а значит вероятная доля несоответствий может составлять 0,15%. Следует отметить, что из-за большого среднего значения скользящего размаха границы собственной изменчивости выше, чем на других картах. При этом процесс не является статистически управляемым, о чем свидетельствует

выход отдельных экспериментальных точек за допустимые границы и сильная асимметрия распределения данных.

Процесс дезодорирования характеризуется меньшим разбросом значений и высоким индексом воспроизводимости (4,75), следовательно, вероятность выхода за технические требования очень мала. Но и на этом этапе процесс остается нестабильным, поскольку наблюдается выход экспериментальных точек за установленные границы.

Таким образом, применение методов SPC доказало свою эффективность в выявлении критических точек и управлении качеством технологического процесса. Обнаруженная нестабильность технологических процессов указывает на действие неслучайных причин, которые выводят процессы из управляемого состояния. Для улучшения состояния технологического процесса и повышения качества выпускаемой продукции необходимо провести анализ возможных причин нестабильности процессов и осуществить необходимые корректирующие действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jiang W., Murphy T., Tsui K. (2006). Statistical Methods for Quality and Productivity Improvement / Springer Handbook of Engineering Statistics. 2006. – P. 173–192.
2. Спеваков Р. В. Применение статистических методов в управлении качеством / Теория и практика современной науки. 2024. №12 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-statisticheskikh-metodov-v-upravlenii-kachestvom> (дата обращения: 16.07.2025).
3. Czarski A., Satora K., Matusiewicz P. (2007). Statistical methods in quality management – process capability analysis. Metallurgy and Foundry Engineering. 2007, To. 33. – P. 121.
4. James A. F., Mona J. F. Service management: Operations, strategy, and information technology. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2016. – 541 p.
5. Bamford D., Forrester P., Reid I. Essential Guide to Operations Management: Concepts and Case Notes. Wiley, 2010. – 213 p.
6. Shrestha N. Application of Statistical Process Control Chart in Food Manufacturing Industry / International Journal of Engineering, Business and Management. 2020. V. 4, No. 5. – P. 82–87.
7. Kleymenova N. et al. Quality control in the production process of sunflower oil / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 845. 012111. 10.1088.
8. Смолякова В. Л., Крылова А. П. Влияние качества сырья на качество растительного масла / Современные инновации. 2017. № 8 (22). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-kachestva-syrya-na-kachestvo-rastitelnogo-masla> (дата обращения: 16.07.2025).

9. Смирнова Н. А., Смирнов А. А. Современные системы управления качеством и безопасностью пищевых продуктов / Пищевая промышленность. 2015. № 11. – С. 12–14.

10. Elnaz E., Seyyed M. S., Ahmad B., Christos D. 2019 Seed yield and oil quality of sunflower, safflower, and sesame under different levels of irrigation water availability / Agricultural Water Management. 2019, No. 218. – P. 149–157.

12. Шпер В. Л., Шереметьева С. А., Смелов В. Ю., Хунузиди Е. И. Контрольные карты Шухарта – простой, но не лёгкий для применения инструмент анализа данных / Известия высших учебных заведений. Черная Металлургия. 2024, № 67(1). – С. 121–131.

УДК 665.333.4:665.328

А. Н. Никитенко, канд. техн. наук, доц.,
А. А. Гелахова, студ.
(БГТУ, г. Минск)

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ К ОКИСЛЕНИЮ

Растительные масла являются важнейшими компонентами пищевого рациона человека. В течение ряда лет жиры рассматривались, главным образом, как основной поставщик энергии, а также как вещества, придающие пище необходимую консистенцию, улучшающие ее вкусовые достоинства. Растительные масла потребляются различными тканями и органами в зависимости от их функционального состояния, в частности сердце до 70 % своих энергетических затрат покрывает за счет превращения жирных кислот.

Ненасыщенные жирные кислоты более склонны к окислению по сравнению с другими кислотами растительных масел. Поэтому целью данной работы было – выполнить обзор способов повышения устойчивости пищевых растительных масел.

Среди методов оценки для определения устойчивости растительных масел применяются: определение жирно кислотного состава масел – полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), насыщенных жирных кислот (НЖК); установление йодного числа, в качестве метода относительной оценки степени ненасыщенности кислот масла; перекисного числа (ПЧ).

Стабильность кунжутного масла, смесей кунжутного масла с другими маслами при хранении изучалась в течение 12 мес. В кун-