

ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ШЛИФОВАНИЯ РИСОВОЙ КРУПЫ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Зиятдинова В.А., Шаззо А.Ю., д-р техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет» (Краснодар)

Викторова Е.П., д-р. техн. наук

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Краснодар)

Реферат. Разработаны методы объективной оценки степени шлифования и полирования риса в процессе производства рисовой крупы в системах компьютерного зрения. Даны идентификационные параметры компонентов зерновой массы в процессе шлифования риса в единицах международных цветовых шкалах HSL и Grayscale. Представлен калибровочный график, характеризующий зависимость цветовых параметров в оттенках серого от выхода рисовой мучки.

Ключевые слова: рисовая крупа, степень шлифования, степень полирования, рисовая мучка, цветовые параметры

Summary. Methods of rice milling and polishing degree objective assessment in rice processing were developed using computer vision systems. Identification color parameters of grains during polishing process were given in units of HSL and Grayscale international color scales. Calibrating graphic describing relation between color parameters and rice bran quantity was shown.

Key words: rice crop, milling degree, polishing degree, rice bran, color parameters

Введение. Степень шлифования является важнейшим показателем в технологии рисовой крупы. Данный показатель используют для контроля и оптимизации режимов шлифования, а также для количественной оценки выхода мучки в системе производственно-технологического контроля качества рисовой крупы.

В научно-технической литературе описано множество методов оценки степени шлифования рисовой крупы, которые можно подразделить на физические, химические и инструментальные. Для оценки степени шлифования риса используют весовой контроль, определяя выход рисовой мучки, который не должен превышать 10 % согласно базисным нормам качества [1]. Химические методы анализа требуют применения реактивов, например, с помощью индикаторного окрашивания анатомических частей ядра в процессе шлифования определяют меру удаления с поверхности ядра риса оболочек [2, 3]. Инструментальные методы анализа предусматривают использование приборов, которые измеряют белизну риса, коэффициент отражения и другие характеристики [3-6]. Однако, ни один из перечисленных методов не даёт объективной экспрессной оценки процесса шлифования по ряду причин: длительность весового контроля, трудоёмкость химического анализа и субъективность измерения белизны из-за прозрачности ядер риса и внутреннего рассеяния света.

При использовании современных методов факторного анализа с полноцветным 3D-моделированием окраски поверхности оболочек единичных зерен риса в процессе шлифования и полирования можно решать широкий спектр технологических задач на рисоперерабатывающих производствах. Например, возможно осуществлять распознавание и количественную оценку содержания различных примесей в зерновой массе, а также оценивать эффективность процессов шлифования ядра риса и полирования рисовой крупы.

Учитывая это, эффективность указанных технологических процессов шлифования ядра риса и полирования рисовой крупы определяли с использованием систем компьютерного зрения, получивших широкое распространение в различных областях пищевой и перерабатывающей промышленности.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлись партии зерна риса, поступившие в переработку на рисо завод ОАО «Краснодарзернопродукт» за период с 2013 по 2017 годы, и продукты переработки зерна риса. Исследования спектральных характеристик зерен риса проводились на промышленном образце фотоэлектронного сепаратора Южно-корейской фирмы Daewon GSI Co. LTD с использованием бихроматических камер (2 сенсора по 8025 пикселей, линза F1.8 AF, фокусное расстояние 135 мм, типа линейного сканирования) по методике, приведенной в работе [7]. Оценку экспериментальных данных и их статистическую достоверность осуществляли с использованием современных методов расчета в прикладных программах пакета MicrosoftOffice, Statistica, MathCad, WolframMathematica.

Оценку процессов шлифования ядра риса и полирования рисовой крупы проводили с использованием международных цветовых шкал: в оттенках серого цвета Greyschale и полноцветной цветовой шкале HSL, где H (hue) – тон, S(saturation) – насыщенность, L(lightness) – светлость. В работе со шкалами использовали следующие единицы измерения: цветовые параметры в оттенках серого определяли в процентах, цветовые параметры шкалы HSL соответственно: тон – в единицах измерения длины волны (нм), насыщенность и светлость – в процентах.

Обсуждение результатов. Установлено, что между выходом мучки и цветом зерен риса в оттенках серого (белизны) существует высокая корреляционная зависимость, при этом коэффициент парной корреляции составляет 0,96.

Известно, что процесс производства шлифованной и полированной крупы осуществляется в две стадии. Первая стадия характеризуется интенсивной обработкой поверхности зерен риса абразивными и металлическими рабочими органами с высоким выходом тонкодисперсной мучки, которую образуют плодовые, семенные оболочки и алейроновый слой. Установлено, что на первой стадии при выходе мучки в диапазоне от 1,8 до 4,1 %, наряду с плодовыми оболочками, у зерен риса практически полностью удаляется и зародыш, а при выходе мучки в диапазоне от 4,1 до 8,8 % практически полностью удаляются семенные оболочки и алейроновый слой.

Следует отметить, что в отличие от первой стадии, вторая стадия технологического процесса характеризуется стабилизацией качества рисовой крупы, причем на этой стадии необходимо исключить интенсивную обработку поверхности ядер риса абразивными рабочими органами.

Аналитическая зависимость между выходом мучки и цветовыми характеристиками риса аппроксимируется линейным уравнением $E_6=46+1,24M$ ($R^2=0,97$) и уравнением экспоненты $E_6=58\exp(0,0027M)$ ($R^2=0,75$) для соответствующих областей интенсивной обработки (стадия шлифования) и стабилизации качества рисовой крупы (стадия полирования) (рис. 1).

Установленные достоверно высокие значения коэффициентов парной корреляции (r_{xy}) и значение достоверности аппроксимации (R^2) свидетельствуют о высокой точности разработанного метода оценки степени шлифования и полирования риса при производстве крупы.

Известно, что одним из важных факторов, определяющих эффективность переработки риса в крупу, является наличие инструментов оперативного контроля и управления технологическими процессами шлифования и полирования, формирующих потребительские свойства готовой продукции.

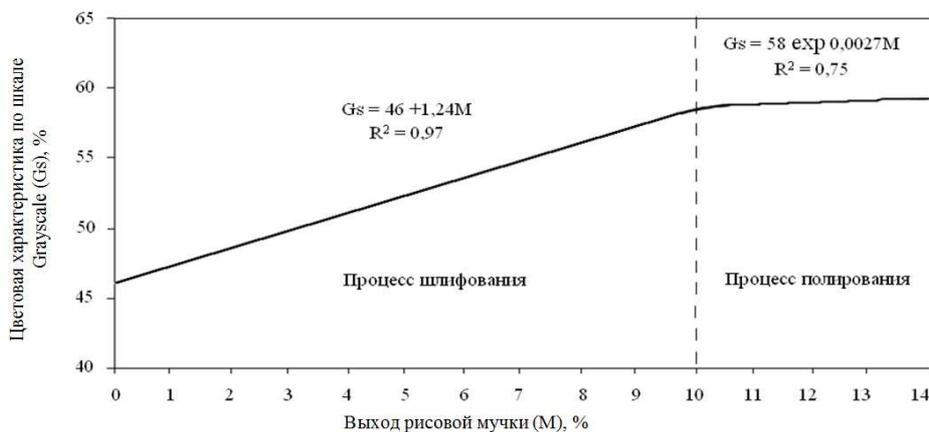


Рис. 1. Изменение цветовой характеристики риса с обыкновенной окраской плодовых оболочек по шкале Grayscale в процессе шлифования ядра риса и полирования рисовой крупы

Учитывая это, разработан высокоточный метод оперативного контроля основных признаков качества шелушеного риса, шлифованного риса и рисовой крупы на основе комплексного анализа цветовых характеристик с использованием цветовой модели Greyschale.

На рис. 2 приведен калибровочный график для экспрессной оценки выхода мучки по цветовым параметрам ядер риса в цветовой модели Grayscale, который описывается эмпирическим уравнением линейного вида $M=0,78Gs-35,88$ ($R^2=0,97$) и характеризует степень шлифования риса.

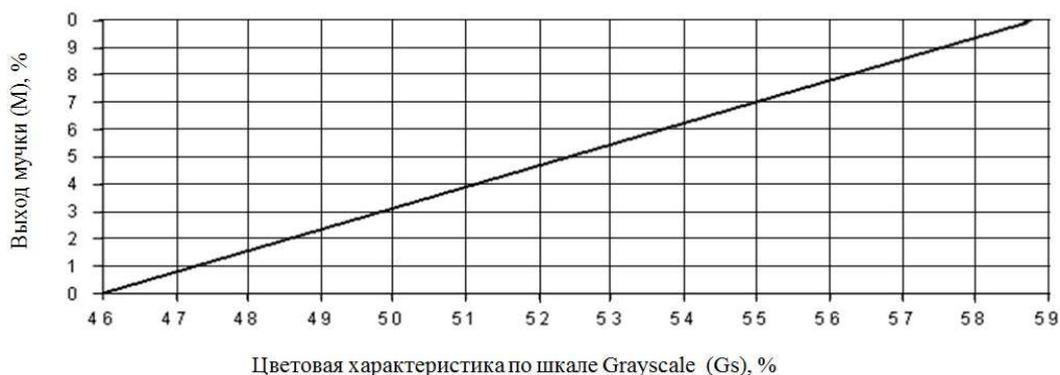


Рис. 2. Калибровочный график для реализации оперативного метода определения выхода мучки в процессе шлифования по цветовой характеристике ядер риса с обыкновенной окраской плодовых оболочек по шкале Grayscale

Установлено, что для реализации разработанного метода определения выхода мучки необходимо не более 3 минут, в то время, как традиционным методом весового контроля - не менее 30 минут.

Следует отметить, что для оперативного определения степени шлифования и полирования необходимо и достаточно иметь цветовые параметры зерен риса в оттенках серого.

Известно, что однородность обработки поверхности риса в процессе шлифования и полирования в значительной степени определяют качество рисовой крупы.

Учитывая это, нами разработан метод оценки однородности обработки поверхности шлифованного и полированного риса с применением цветовой шкалы HSL, позволяющий получить достоверную информацию о цветовых параметрах исследуемых образцов риса с обыкновенной окраской плодовых оболочек (рис. 3).

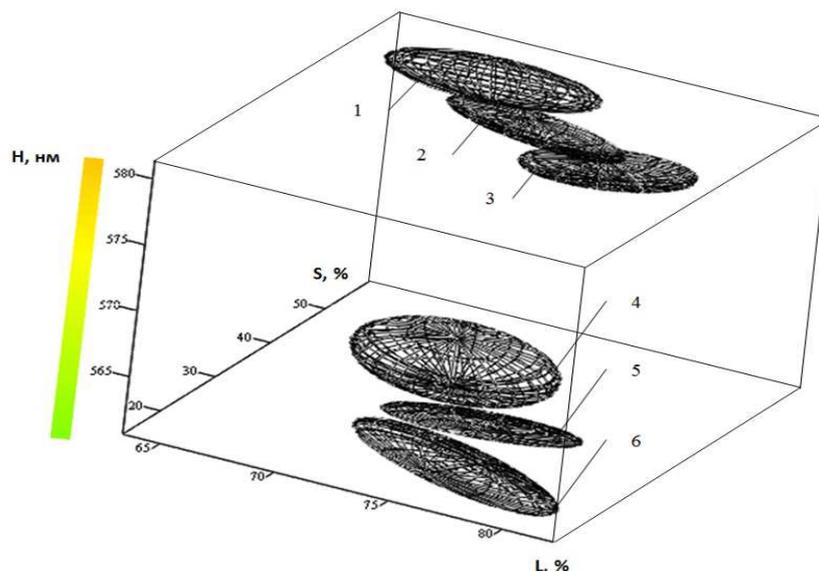


Рис. 3. 3 σ -эллипсоиды рассеяния цветовых координат цветовой шкалы HSL нулевого вейвлет-уровня ядер риса с обыкновенной окраской плодовых оболочек в процессе шлифования: 1 - шелушенные зерна риса (M=0 %); 2 – шлифованные ядра риса (M=1,8 %); 3 – шлифованные ядра риса (M=4,4 %); 4 – шлифованные ядра риса (M=6,2 %); 5 – шлифованные ядра риса (M=8,8 %); 6 – рисовая крупа (M=10,0 %)

Анализ приведенных на рис. 3 данных показывает, что цветовая шкала HSL объективно оценивает спектральные характеристики риса с различной степенью шлифования, так как дает наиболее полную информацию не только о цветовых параметрах исследуемого продукта, но также позволяет получить полную информацию о доверительных областях варьирования исследуемого показателя качества.

Выводы. Таким образом, разработанные методы объективной оценки степени шлифования рисовой крупы с использованием систем компьютерного зрения позволяют оперативно получать сведения о ходе технологического процесса и управлять процессами шлифования и полирования в технологии производства рисовой крупы. Экспрессность и объективность разработанных методов подтверждена в производственных условиях. Проведенные исследования явились основой для разработки ресурсосберегающей технологии и технологической схемы переработки зерна риса.

Литература

1. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Ч.1.: утверждены приказом Министерства хлебопродуктов СССР от 25.09.1989 г. № 8. – 14/674. – 81 с.
2. Пат. № 4921786/13 Российская Федерация. Способ определения степени шлифования крупяных культур/ Шаззо А.Ю., Погорелова И.И. – заявл. 22.01.91, опубл. 07.11.92, Бюл. № 41. – 6 с.
3. Погорелова И.И. Биохимическое обоснование и разработка технологии получения рисовой крупы повышенного качества и биологической ценности: дис. канд.тех. наук. Кубан. гос. тех. университет, Краснодар, 2001. – 135 с.
4. Пат. № 4811509/13 Российская Федерация. Способ контроля шлифования риса в потоке в процессе его многостадийной обработки / Адаменко И.М., В.В. Кондратьев. – заявл. 06.04.90, опубл. 15.06.92, Бюл. № 22. – 6 с.
5. Пат. № 2052814 Российская Федерация. Способ определения степени шлифования зерна риса/ Шаззо А.Ю., Погорелова И.И. – заявл. 20.10.92, опубл. 20.01.96. – 6 с.
6. В.К. Yadav, V.K. Jindal / Monitoring milling quality of rice by image analysis // Computers and Electronics in Agriculture, 2001. – № 33. – P.19 – 33.
7. Зиятдинова В.А. Оценка качества риса с использованием современных методов анализа цветовых характеристик единичных зерен / В.А. Зиятдинова, А.Ю. Шаззо, С.В. Усатилов, И.И. Погорелова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2015. – № 2 – 3. – С. 100 – 104.