

МЕТОДИ

УДК 633.15: 547.979.8:535.651

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА ГЛЮТЕНУ ІЗ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

© 2011 р. **В. С. Феденко, С. В. Кияк, В. С. Стружко**

Науково-дослідний інститут біології

Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара

(Дніпропетровськ, Україна)

Проводили порівняльний аналіз відбивальних та колориметричних характеристик препаратів глютену різного пігментного складу (із нормованими показниками кольору, після депігментації органічним розчинником і термічної обробки). Встановлена залежність спектральних характеристик від вмісту каротиноїдних пігментів. Виявлена сукупність спектральних критеріїв для визначення забарвлення глютену у межах норми.

Ключові слова: *Zea mays L., глютен, забарвлення, каротиноїди, спектри відбивання, колориметрія*

Одним із продуктів промислової переробки зерна кукурудзи є глютен (Wright, 1987). Вітчизняна переробна промисловість випускає цей продукт під назвою «глютен кукурудзяний сухий» (ТУ У.46.15.195-97), а іноземні виробники – «corn gluten meal» (Shukla, Cheryan, 2001). Основний компонент глютену – білок (не менше 60%) (ТУ У.46.15.195-97). Іншою особливістю цього зернового продукту є відносно високий вміст оксикаротиноїдів (ксантофілів) порівняно із зерном кукурудзи, оскільки асоціація із зеїновими білками призводить до підвищення концентрації пігментів у процесі виділення глютену (Moros et al., 2002). Висока біологічна цінність глютену зумовлює його використання як кормової добавки у тваринництві (Коробко, 2002). При цьому підвищений рівень каротиноїдів забезпечує провітамінний та адаптогенний ефект (Fraser, Bramly, 2004).

У результаті переробки глютену отримують зеїн (спирторозчинний білок) та концентрат ксантофілів (Pat. 6169217, 2001). Зеїн використовують як природний гідрофобний полі-

мер, здатний до біодеградації (Shukla, Sheryan, 2001). Ксантофіли становлять інтерес як харчові барвники, а особливість компонентного складу каротиноїдів із домінуванням лютеїну та зеаксантину зумовлює перспективу їх використання при створенні лікувально-профілактичних препаратів для корекції зору (Pat. 6169217, 2001).

Одним із нормованих показників глютену є колір препарату, зумовлений наявністю ксантофілів. Показник визначають в межах від світло-жовтого до темно-сірого шляхом візуальної оцінки (ТУ У 46.15.195-97). У зв'язку із недосконалістю цього методу оцінки існують проблеми контролю пігментації глютену. По-перше, неможливо встановити діапазон кількісних об'єктивних значень показника зернового продукту у межах норми через варіабельність вмісту каротиноїдів залежно від генотипу гібридів кукурудзи (Egesel et al., 2003), які використовуються для переробки. По-друге, необхідна диференційована оцінка зміни пігментації, пов'язаної з окисненням каротиноїдів унаслідок тривалого терміну зберігання або підвищеного температурного режиму у процесі виділення глютену. По-третє, процедури знебарвлення глютену органічними розчинниками (Harris et al., 1987) або виділення депігментова-

Адреса для кореспонденції: Феденко Володимир Савелійович, НДІ біології Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, 49010, Україна;
e-mail: opticl@ukr.net

ного зеїну («white zein») та фракції ксантофілів (Shukla, Cheryan, 2001) також потребують відповідного контролю кольорових характеристик цих продуктів.

Вирішення цих проблем можливе у разі застосування колориметрії як універсального інструментального методу дослідження пігментованих рослинних препаратів на основі фізичної теорії кольору (Феденко, Стружко, 2001). Отримані нами раніше результати щодо встановлення різних аспектів забарвлення насіння кукурудзи (Феденко, Стружко, 1999а; Феденко та ін., 2010) можуть бути використані для пошуку нових підходів до оцінки пігментного комплексу глютену як продукту переробки зерна.

Мета роботи – встановити сукупність спектральних критеріїв для визначення показників забарвлення глютену із зерна кукурудзи у межах норми.

МЕТОДИКА

Як об'єкт дослідження використовували три групи препаратів глютену. Перша група – сухі зразки жовтого кольору у межах норми з різних партій переробки зерна кукурудзи на крохмаль шляхом замочування зернівок, їх подрібнення, вилучення зародку, розділення крохмале-білкової суспензії та сушки (виробництво ВАТ «Дніпровський крохмале-патоковий комбінат») (Трегубов, 1981). До другої групи належали зразки, знебарвлені шляхом екстракції водонасиченим *n*-бутанолом препаратів першої групи упродовж 25 хв за кімнатної температури (співвідношення наважки глютену (г) та об'єму розчинника (мл) – 1:5). Зразок третьої групи брунатного кольору отримано при термічній обробці вихідного препарату при 130-180°C упродовж 2 год. Вміст каротиноїдних пігментів у препаратах визначали фотометричним методом (Методы..., 1971).

Для підготовки зразків до вимірювань спектральних параметрів користувалися стандартним тримачем твердих препаратів за повного покриття поверхні (діаметр – 2 см), що забезпечувало ідентичні умови для всіх досліджених препаратів. Оптичний контроль препаратів глютену проводили згідно із розробленим нами методом (Декл. пат. 72158, 2005).

Спектри відбивання препаратів глютену у діапазоні 350-800 нм отримували на спектрофотометрі Specord M40 (Німеччина), додатково обладнаному приставкою з фотометричною ку-

лею і касетою для математичної обробки, що дозволило проводити згладжування спектрів із виключенням випадкових шумових піків, а також ресструвати похідні спектрів у режимі нормування (Феденко, Стружко, 1998). Корекцію 100%-ї лінії проводили за стандартом MgO, оптичної нульової точки – за стандартом чорного порожнистого тіла. Інтенсивність спектрів відбивання наводили в одиницях абсорбції. Диференційні спектри розраховували за різницею оптичних густин за відповідної довжини хвилі в спектрах відбивання між порівнюваними зразками.

Для колориметричних вимірювань використовували спектрофотометр Specord M40 з іншою касетою для математичної обробки «Color Measurement» з метою визначення координат кольору (X, Y, Z), координат кольоровості (x, y) та колориметричних коефіцієнтів (L, a, b) препаратів. Значення домінуючої довжини хвилі λ_d і умовної чистоти кольорового тону P_e знаходили графічним методом за кольоровим графіком (Феденко, Стружко, 1998). Кольорові характеристики наводили в колориметричних системах XYZ (λ_d, P_e, L) та $CIE Lab$. На основі колориметричних коефіцієнтів розраховували кольорову різницю (ΔE) між порівнюваними зразками з розподілом цієї інтегральної величини на різниці за яскравістю (ΔL), кольоровістю (ΔC) та кольоровим тоном (ΔH) (Феденко, Стружко, 1998).

Корелятивний та регресивний аналіз проводили з використанням біометричних методів (Лакин, 1990). Похибка вимірювань показників не перевищувала 5%. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з 5% рівнем значущості.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для встановлення діапазону діагностичних критеріїв проведено порівняльний аналіз спектральних характеристик препаратів глютену із нормованим показником кольору, при їх знебарвленні органічним розчинником та за термічної обробки, яка змінює пігментацію. Оскільки ефект відчуття кольору та інструментально визначені показники кольорового стимулу зумовлені спектральним розподілом випромінювання видимого діапазону, що відбивається від пігментованого зразка, на першому етапі виявлені відповідні критерії у результаті дослідження спектрів відбивання препаратів глютену.

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

Спектральні характеристики препаратів глютену

Показник	При нормованому показнику кольору	Після знебарвлення органічним розчинником	Після термічної обробки
Спектри відбивання			
$L_{\text{макс}}^1$, нм	425-430	408-413	394
$L_{\text{макс}}^2$, нм	456-459	458-460	425
$L_{\text{макс}}^3$, нм	480-485	480-485	440
$L_{\text{мін}}$, нм	380- 84	382-385	379
$A_{\text{макс}}^2/A_{\text{мін}}$	1,15-1, 29	0,75-1,00	1,00
Перша похідна спектрів відбивання			
L_1 ($L_{\text{макс}}^1/L_{\text{мін}}$), нм	401-406/419-429	399-406/414-418	405/412
L_2 ($L_{\text{макс}}^2/L_{\text{мін}}$), нм	432-439/442-450	421-426/430-438	419/426
L_3 ($L_{\text{макс}}^3/L_{\text{мін}}$), нм	442-450/464-470	448-451/466-468	433/441
L_4 ($L_{\text{макс}}^4/L_{\text{мін}}$), нм	476-480/507-58	479-480/502-509	450/455
Колориметричні параметри			
l_d , нм	583,5-584,7	583,7-585,3	591,4
P_e , %	66,1-84,6	31,2-60,8	60,5
L	65,2-71,6	55,7-74,0	36,8
a	1,7-7,1	-3,5-2,6	11,0
b	13,4-44,6	-30,6-6,3	0,9

Першим із таких критеріїв для препаратів глютену із нормованим показником кольору та вмістом каротиноїдів (47,7-259,5 мг/кг сухої маси) є положення характеристик максимумів при 425-430 ($L_{\text{макс}}^1$), 456-459 ($L_{\text{макс}}^2$), 480-485 нм ($L_{\text{макс}}^3$) (рис. 1, таблиця). Такий характер спектральної кривої дозволив ідентифікувати каротиноїдний тип пігментів глютену аналогічно насінню кукурудзи (Феденко, Стружко, 1999б).

Якщо прояв максимумів визначається суперпозицією складових каротиноїдного комплексу (лютеїн, зеаксантин, β -криптоксантин за даними (Moros et al., 2002)), то інтенсивність цих екстремумів залежить від вмісту пігментів. Так, коефіцієнт кореляції між цими показниками для найінтенсивнішого максимуму $L_{\text{макс}}^2$ становив 0,88 ($p = 0,02$). Тому як додатковий критерій оцінки використано співвідношення оптичної густини в максимумі $L_{\text{макс}}^2$ та мінімумі $L_{\text{мін}}$ ($A_{\text{макс}}^2/A_{\text{мін}}$), яке для препаратів із нормованим показником кольору було в інтервалі значень 1,15-1,29. Раніше регресивний зв'язок між вмістом каротиноїдів та оптичною густиною відбивання у видимому діапазоні встановлено нами для зернівок кукурудзи (Феденко и др., 1993; Феденко, Стружко, 1994).

Диференціювання першого порядку спектральної кривої відбивання препаратів глютену підвищило розподіл до чотирьох смуг (L_1 , L_2 , L_3 , L_4), кожна з яких складається із відповідного максимуму ($L_{\text{макс}}$) та мінімуму ($L_{\text{мін}}$) (рис. 1, таблиця). При цьому найінтенсивнішою

у першій похідній спектрів відбивання виявилась довгохвильова смуга L_4 (рис. 2), яка використана для ідентифікації змін каротиноїдного комплексу глютену за різних варіантів обробки.

У результаті перетворення відбивальних характеристик за спеціальним алгоритмом отримані колориметричні параметри. Наявність у препаратах із нормованим показником забарвлення біохромів одного типу із близьким якісним складом зумовило вузький інтервал значень домінуючої довжини хвилі у діапазоні жовтого кольору (583,5-584,7 нм) (рис. 2, таблиця). Ступінь варіабельності умовної чистоти кольорового тону більш значна (66,1-84,6%), оскільки визначається вмістом каротиноїдних пігментів, що підтверджено наявністю корелятивного зв'язку між цими показниками ($r = 0,84$, $p = 0,03$). Навпаки, варіабельність коефіцієнта яскравості (65,2-71,6), як інтегрального показника світлового потоку видимого діапазону, корелятивно не пов'язана із рівнем каротиноїдів ($r = 0,1$). Для колориметричних коефіцієнтів a (1,7-7,1) та b (13,4-44,6), які визначають координати кольоровості препаратів у рівноконтрастній системі Lab (рис. 3), виявлений високий ступінь корелятивного зв'язку з вмістом каротиноїдів ($r = 0,93$, $p = 0,008$ та $r = 0,92$, $p = 0,01$ відповідно). Раніше корелятивна залежність колориметричних коефіцієнтів a і b від накопичення каротиноїдних пігментів встановлена для зерна кукурудзи (Феденко, Стружко, 1999), пшениці та тритикале (Humphries et al., 2004).

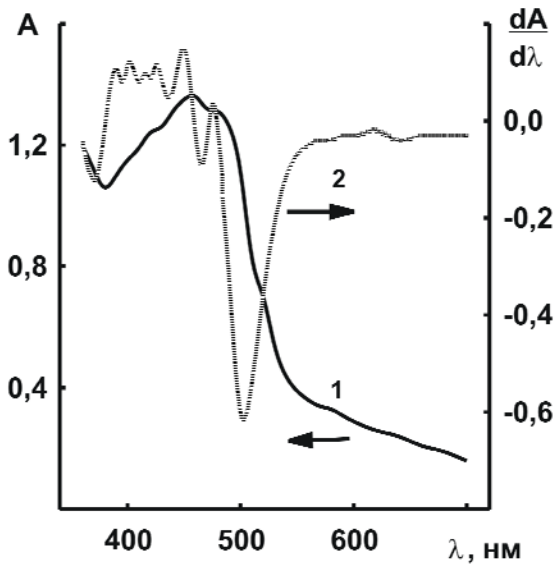


Рис. 1. Спектр відбивання (1) та перша похідна спектра (2) глютену з нормованим показником кольору.

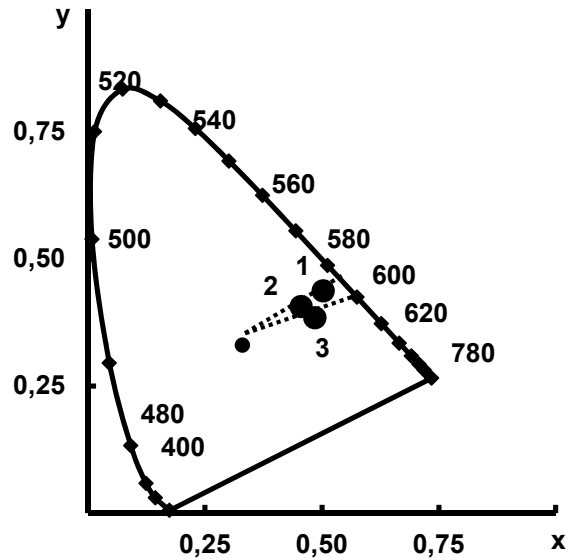


Рис. 2. Координати кольоровості препаратів глютену з нормованим показником кольору (1), після знебарвлення органічним розчинником (2) та після термічної обробки (3).

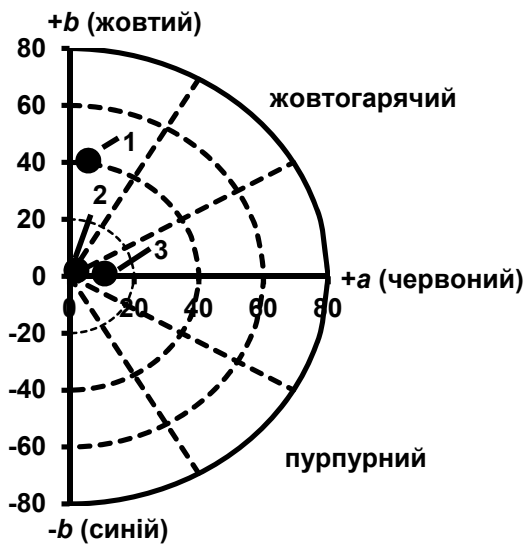


Рис. 3. Діаграма кольоровості препаратів глютену з нормованим показником кольору (1), після знебарвлення органічним розчинником (2) та після термічної обробки (3).

Спектральні критерії, що ідентифікують препарати глютену із нормованим показником кольору, використані для порівняльного аналізу зразків цього зернового продукту після знебарвлення водонасиченим бутанолом – органічним розчинником для екстракції пігментів (Park et al., 1997). У спектрах відбивання знебарвлених препаратів зберігалася структурова-

ність смуги із максимумами при 408-413, 458-460, 480-485 нм та мінімумом при 382-385 нм (рис. 4, таблиця), що характерно для хромофорів каротиноїдного типу (Бриттон, 1986). Наявність залишкової кількості пігментів у препаратах після знебарвлення пов'язана із асоціацією ксантофілів із зеїновими поліпептидами (Momanu et al., 2006), що перешкоджає повній екстракції пігментів за даних умов. Разом з тим, ефект депігментації порівняно із вихідними параметрами характеризувався проявом $\lambda_{\text{макс}}^1$ у короткохвильовому діапазоні з порівнюваною інтенсивністю відносно $\lambda_{\text{макс}}^2$. При цьому спостерігалася зменшення інтенсивності всіх максимумів (рис. 1, 4) та відношення $A_{\text{макс}}^2/A_{\text{мін}}^2$ (0,75-1,00). Характеристики екстрагованого пігментного комплексу встановлено шляхом розрахунку диференційного спектра відбивання вихідного препарату відносно знебарвленого (рис. 5). Характер смуги із максимумами при 440, 460 та 480 нм у розрахованому диференційному спектрі (рис. 5) близький за параметрами відбивання вихідного препарату (рис. 1), оскільки після екстракції розчинником знебарвлений зразок містить залишкову кількість асоційованих каротиноїдів, максимуми у спектрі відбивання яких близькі за положенням і зменшені за інтенсивністю (рис. 4).

Для першої похідної спектра знебарвлених препаратів характерний прояв чотирьох смуг, кожна з яких складається із відповідного

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

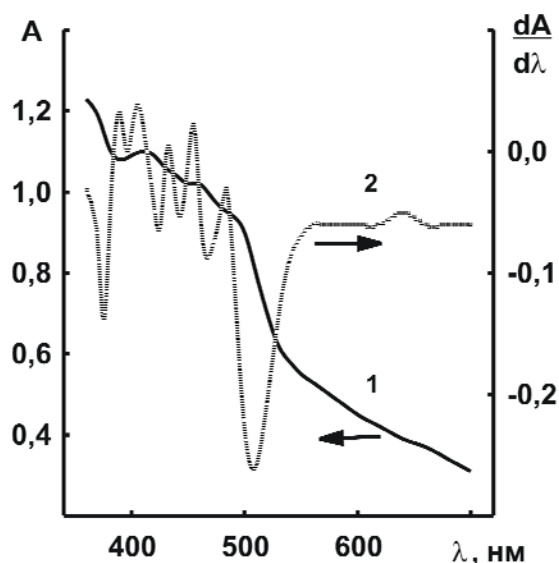


Рис. 4. Спектр відбивання (1) та перша похідна спектра (2) глютену після знебарвлення органічним розчинником.

максимуму та мінімуму: λ_1^1 ($\lambda_{\text{макс}}^1 - 399-406$ нм; $\lambda_{\text{мін}}^1 - 414-418$ нм), λ_2^1 ($\lambda_{\text{макс}}^1 - 421-426$ нм; $\lambda_{\text{мін}}^1 - 430-438$ нм), λ_3^1 ($\lambda_{\text{макс}}^1 - 448-451$ нм; $\lambda_{\text{мін}}^1 - 466-468$ нм), λ_4^1 ($\lambda_{\text{макс}}^1 - 479-480$ нм; $\lambda_{\text{мін}}^1 - 502-509$ нм) (рис. 4, таблиця). Положення смуг λ_1^1 і λ_2^1 зміщено у короткохвильовий діапазон, а мінімуму смуги λ_4^1 відрізнялось значнішою варіабельністю при зменшенні інтенсивності всіх екстремумів порівняно із вихідними препаратами.

Колориметричні параметри знебарвлених препаратів визначалися залишковою кількістю каротиноїдних пігментів. Оскільки тип біохрому для цих препаратів не змінюється, значення λ_d (583,7-585,3 нм) близькі до вихідних препаратів (рис. 2, таблиця). Зниження вмісту каротиноїдів зумовило зменшені величини P_e (31,2-60,8 %). Серед колориметричних коефіцієнтів як відмінну особливість знебарвлених препаратів визначено тенденцію зниження коефіцієнта b , чутливого до зміни насиченості жовтого кольору (таблиця). Раніше подібна тенденція зміни колориметричного коефіцієнта b відзначена при знебарвленні глютену іншими органічними розчинниками (Harris et al., 1987).

Розраховані на основі колориметричних коефіцієнтів кольорові різниці знебарвлених зразків відносно вихідних препаратів відрізняються значною варіабельністю ($\Delta E - 29,6-59,7$; $\Delta L - -11,1-4,2$; $\Delta C - -37,2-17,3$; $\Delta H - 4,2-51,0$), що пов'язане із різним рівнем каротиноїдів. Найсуттєвіший внесок в інтегральну величину ΔE відзначено для різниці за кольоровістю

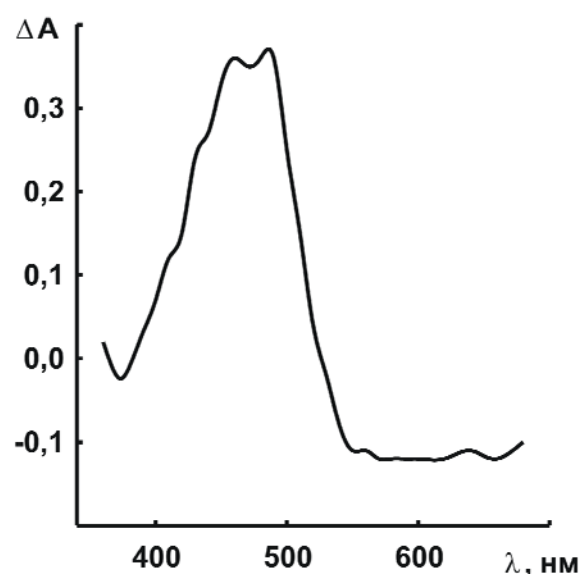


Рис. 5. Диференційний спектр відбивання препарату глютену з нормованим показником кольору відносно знебарвленого органічним розчинником.

ΔC (рис. 6). Саме для цього показника виявлено суттєвий регресивний зв'язок із концентрацією каротиноїдів: $C_k = 87,2-3,3 \cdot \Delta C$, $r = 0,82$; $p = 0,05$.

Як інший варіант відхилення від нормованого показника кольору використано препарат глютену, отриманий при термічній обробці. Такий модельний експеримент слід розглядати як можливе порушення температурних режимів сушки у процесі виділення препарату, а також як зміни пігментного складу внаслідок тривалого зберігання, що призводить до погіршення біологічної цінності цього зернового продукту. Відмінна особливість спектра відбивання зразка після термообробки – уширення смуги із зміною її структурованості (рис. 7). При цьому положення максимумів (394, 425, 440 нм) не відповідало суперпозиції каротиноїдних хромофорів, оскільки короткохвильовий максимум $\lambda_{\text{макс}}^1$ був найінтенсивнішим, що нехарактерно для смуги полієнових систем (Бриттон, 1986). Положення мінімуму практично не змінювалося, однак його інтенсивність $A_{\text{мін}}$ була порівнюваною із інтенсивністю при 458 нм (основний максимум для вихідного препарату) (таблиця). Спектральні відмінності, індуковані термообробкою, встановлено шляхом розрахунку диференційного спектра відносно вихідного препарату (рис. 8). Наявність смуги з максимумом при 550 нм (рис. 8), нехарактерним для каротиноїдів, свідчила про зміни складу пігментного комплексу глютену внаслідок його термообробки.

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

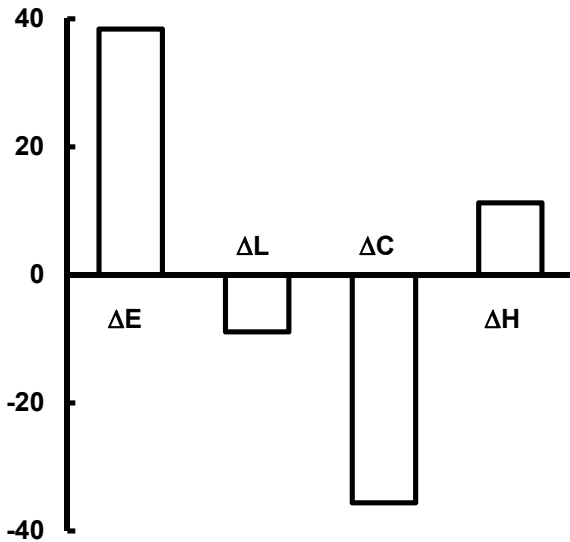


Рис. 6. Кольорові різниці глютену, знебарвленого органічним розчинником, відносно препарату з нормованим показником кольору.

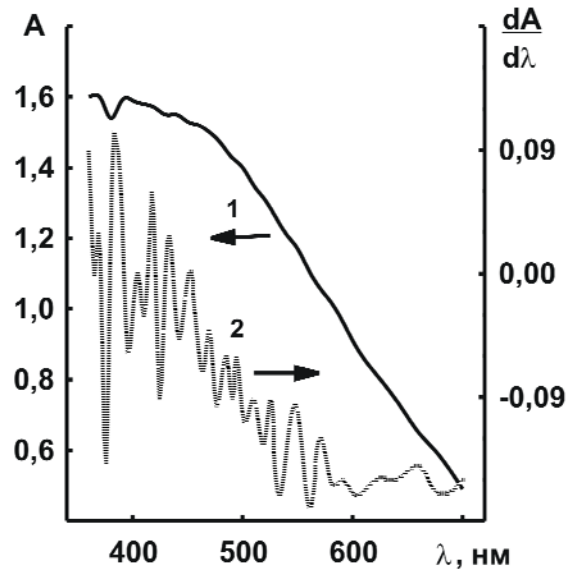


Рис. 7. Спектр відбивання (1) та перша похідна спектра (2) глютену після термічної обробки.

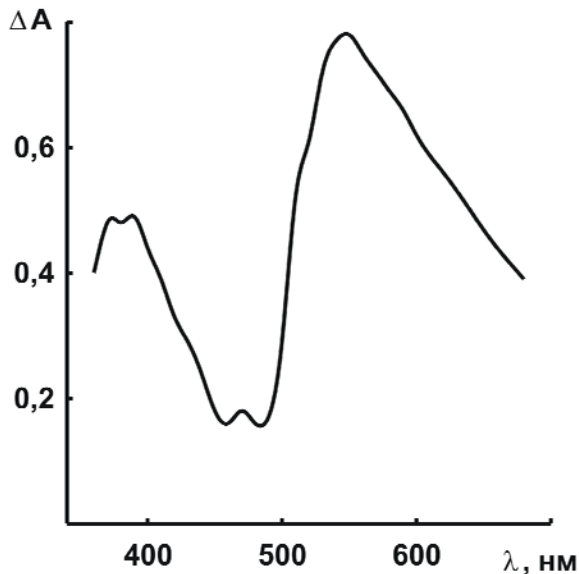


Рис. 8. Диференційний спектр відбивання препарату глютену після термічної обробки відносно препарату з нормованим показником кольору.

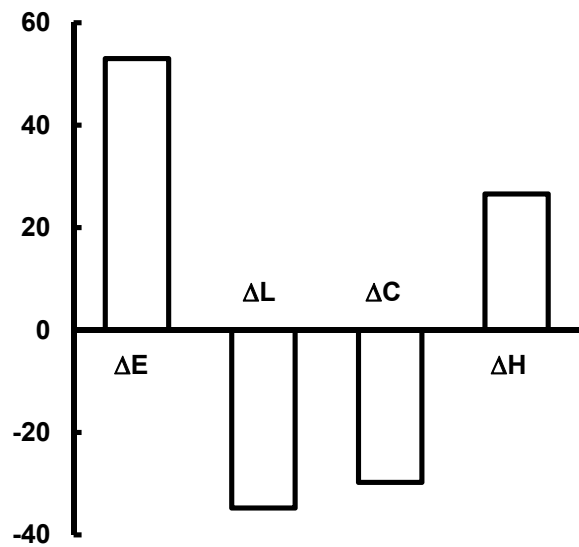


Рис. 9. Кольорові різниці глютену після термічної обробки відносно препарату з нормованим показником кольору.

Перша похідна спектра відбивання зразка після термообробки представлена максимумами (405, 419, 433, 450 nm) і мінімумами (412, 426, 441, 455 nm), положення яких відрізнялося від вихідного препарату (рис. 7, таблиця). При цьому найхарактерніші смуги λ_{3}^1 і λ_{4}^1 після термообробки не виявлено.

Відмінності спектрального розподілу випромінювання зумовили зміну кольорового

стимулу брунатного зразка після термообробки ($\lambda_d = 591,4$ nm) (рис. 2, таблиця). Зниження P_e (60,5%) відносно встановленого діапазону для препаратів із нормованим показником кольору (66,1-84,6%) навіть за підвищення загальної інтенсивності спектральної кривої відбивання (рис. 7) зумовлено суперпозицією кількох хроматичних стимулів (Феденко, Стружко, 1998). Термообробка призвела до зниження колориметричних коефіцієнтів L (36,8) і b (0,9) та під-

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

вищення коефіцієнта a (11,0) відносно інтервалу значень для вихідних препаратів (рис. 3, таблиця).

Для інтегральної величини кольорової різниці ΔE цього зразка порівняно із вихідним препаратом виявлено порівнюваний внесок різниць за яскравістю ΔL , кольоровістю ΔC та кольоровим тоном ΔH (рис. 9).

Отже, за результатами порівняльного аналізу зразків із різним пігментним складом встановлено сукупність спектральних критеріїв для об'єктивного визначення забарвлення препаратів глютену у межах норми: наявність максимумів каротиноїдних пігментів (425-430, 456-459, 480-485 нм), мінімуму при 380-384 нм, відношення оптичної густини в максимумі при 456-459 нм та мінімумі в діапазоні 1,15-1,29, домінуючої довжини хвилі – 583-584,7 нм, умовної чистоти кольорового тону – 66,1-84,6 %, колориметричного коефіцієнта b – 13,4-44,6 (таблиця).

Виявлені критерії дозволяють замінити суб'єктивну візуальну оцінку кольорових характеристик глютену. Оскільки за нашими даними забарвлення цього зернового продукту визначається вмістом каротиноїдів, нормований показник кольору (від світло-жовтого до темно-сірого (ТУ У 46.15.195-97)) відповідає значній варіабельності рівня ксантофілів. Це потребує, на нашу думку, встановлення також діапазону цього показника, який дотепер нормативно не визначено. Суттєвим чинником для забарвлення глютену є вміст каротиноїдів у вихідній сировині. У зв'язку з цим є також доцільною оцінка пігментів у зерні кукурудзи. Крім того, при зміні процедури переробки зерна, наприклад у разі попереднього знебарвлення, діапазон нормованих значень оптичних характеристик може змінюватись. Універсальність колориметричного методу дозволяє використовувати його при подальшій переробці глютену на зеїн, концентрат ксантофілів та біологічно активні препарати на їх основі. У такий спосіб може бути створена єдина система оптичного контролю від вихідної сировини до кінцевих продуктів переробки зерна (Феденко, Стружко, 2000). Отримані результати у поєднанні з іншими нашими розробками (Феденко та ін., 2002; Кияк та ін., 2006) створюють методичні основи для удосконалення біохімічної оцінки каротиноїдовмісних препаратів у вітчизняній переробній промисловості відповідно до сучасного напрямку застосування неdestructивних методів дослідження продуктів пере-

робки рослинної сировини (Nondestructive..., 2007).

Таким чином, забарвлення глютену із зерна кукурудзи зумовлено вмістом каротиноїдних пігментів і може бути визначено як нормований показник за відбивальними та колориметричними характеристиками.

ЛІТЕРАТУРА

- Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. – М.: Мир, 1986. – 422 с.
- Кияк С.В., Феденко В.С., Стружко В.С. Спектральні параметри біомаси гриба *Blakelea trispora* з різним складом каротиноїдів // Вісн. Харків. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2006. – Вип. 1(8). – С. 88-95.
- Коробко В.Н. Глютен и другие сухие кукурузные корма в рационе животных и птицы // Хранение и переработка зерна. – 2002. – № 5. – С. 50-54.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Методы оценки технологических качеств зерна. – М.: ВАСХНИЛ, 1979. – С. 100-101.
- Трегубов Н.Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.
- ТУ У 46.15.195-97 Глютен кукурудз'яний сухий.
- Феденко В.С., Антонюк С.П., Стружко В.С. Спектральні характеристики насіння ліній кукурудзи з різною стійкістю до посухи // Вісн. Харків. націон аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. – 2010. – Вип. 2 (20). – С. 69-74.
- Феденко В.С., Кияк С.В., Стружко В.С. Вплив накопичення β -каротину на спектральні параметри біомаси мікроскопічного гриба *Blakeslea trispora* // Укр. біохім. журн. – 2002. – Т. 74, № 4. – С. 118-121.
- Феденко В.С., Стружко В.С. Вариабельность параметров отражения зерновок мутантов кукурузы по эндосперму // Физиология и биохимия культ. растений. – 1994. – Т. 26, № 1. – С. 71-77.
- Феденко В.С., Стружко В.С. Визначення кольору рослин на основі спектральних параметрів пігментів *in vivo* // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К.: Вид-во Укр. фітосоціол. центру, 2001. – Т. 1. – С. 119-123.
- Феденко В.С., Стружко В.С. Колориметрические характеристики семян мутантов кукурузы по эндосперму // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999а. – Т. 31, № 5. – С. 359-365.

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

- Феденко В.С., Стружко В.С. Колориметрія у фізіології та біохімії рослин. – Дніпропетровськ: ДДУ, 1998. – 68 с.
- Феденко В.С., Стружко В.С. Перспективи використання колориметрії для оцінки якості зерна // Хранение и переработка зерна. – 2000. – № 8. – С. 30-31.
- Феденко В.С., Стружко В.С. Спектральные параметры и окраска семян кукурузы // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999б. – Т. 31, № 4. – С. 254-260.
- Феденко В.С., Стружко В.С., Глушко В.В. Экспресс-метод оценки форм кукурузы по содержанию каротиноидов // Селекция и семеноводство. – 1993. – № 1. – С. 22-23.
- Декл. пат. № 72158, Україна, МКВ⁷ G 01 N 33/02. Спосіб контролю оптичних характеристик кукурудзяного глютену / В.С. Феденко, С.В. Кияк, В.С. Стружко. – Опубл. 17.01.2005, Бюл. № 1.
- Egesel C.O., Wong J.C., Lambert R.J., Rocheford T.R. Combining ability of maize inbreds for carotenoids and tocopherols // Crop Sci. – 2003. – V. 43. – P. 818-823.
- Fraser D.D., Bramley P.M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids // Progress Lipid Res. – 2004. – V. 43. – P. 228-265.
- Harris P.L., Cuppet S.L., Walker C.E., Rupnow J.H. Lipid and color evaluations of solvent-extracted maize gluten meal // Cer. Chem. – 1987. – V. 64, № 4. – P. 283-284.
- Humphries J. M., Graham R.D., Mares D.J. Application of reflectance colour measurement to the estimation of carotene and lutein content in wheat and triticale // J. Cer. Sci. – 2004. – V. 40. – P. 151-159.
- Moros E.E., Darnoko D., Cheryan. M. et al. Analysis of xanthophylls in corn by HPLC // J. Agric. Food Chem. – 2002. – V. 50, № 21. – P. 5787-5790.
- Nondestructive testing of food quality / Eds J. Irudayaraj, C. Reh. – Wiley-Blackwell: IFT Press, 2007. – 384 p.
- Park H., Flores R.A., Johnson L.A. Preparation of fish feed ingredients: reduction of carotenoids in corn gluten meal // J. Agric. Food Chem. – 1997. – V. 45, № 6. – P. 2088-2092.
- Shukla K., Cheryan M. Zein: the industrial protein from corn // Ind. Crops Prod. – 2001. – V. 13. – P. 171-192.
- Wright K.N. Nutritional properties and feeding value of corn and its by products // Corn: chemistry and technology // Eds S.A. Watson, P.E. Ramstad. – St. Paul, MN: AACC Inc., 1987. – P. 447-478.
- Pat. № 6169217, USA, Int. Cl.⁷ C 07 C 35/21. Method for extracting xanthophylls from corn / M. Cheryan. – 2.01.2001.

Надійшла до редакції
21.01.2011 р.

COLORIMETRY EVALUATION OF GLUTEN FROM MAISE SEED

V. S. Fedenko, S. V. Kijak, V. S. Struzhko

*Biology Research Institute
of Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University
(Dnipropetrovsk, Ukraine)*

Comparative analysis of reflectance and colourimetry parameters of gluten samples with different pigment composition (with standardized colour index and depigmented by organic solvent and thermal treating) was carried out. Correlation of spectral characteristics and content of carotenoid pigments was found. Complex of spectral indexes for estimation of gluten colour in normal range was determined.

Key words: *Zea mays L., gluten, colour, carotenoids, reflectance spectra colourimetry*

КОЛОРИМЕТРИЧНА ОЦІНКА

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЛЮТЕНА ИЗ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

В. С. Феденко, С. В. Кияк, В. С. Стружко

*Научно-исследовательский институт биологии
Днепропетровского национального университета им. Олеся Гончара
(Днепропетровск, Украина)*

Проводили сравнительный анализ отражательных и колориметрических характеристик препаратов глютена разного пигментного состава (с нормированным показателем цвета, после депигментации органическим растворителем и термической обработки). Установлена зависимость спектральных характеристик от содержания каротиноидных пигментов. Выявлена совокупность спектральных критериев для определения окраски глютена в пределах нормы.

Ключевые слова: *Zea mays L.*, глютен, окраска, каротиноиды, спектры отражения, колориметрия