

Розроблення способу експрес-оцінки кольору борошна й макаронів, вироблених із пшениці різних видів

Л. А. Вечерська, О. В. Голік*, Л. І. Реліна, Л. І. Буряк, Т. А. Шелякіна

Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, пр-т Московський, 142, м. Харків, 61060, Україна,
*e-mail: golik.oleg.vi@gmail.com

Мета. Розробити спрощений метод оцінювання кольору борошна та макаронів за допомогою програмного забезпечення Adobe Photo Shop®. **Методи.** Матеріалом для досліджень слугувало зерно сортів та селекційних ліній видів пшениці *Triticum durum*, *T. dicoccum*, *T. timopheevii* селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва та зразки Національного центру генетичних ресурсів рослин України врожаю 2018–2020 рр. Наважки борошна та шматочки тіста сканували за допомогою EPSON Scanner 010 F. Колір оцінювали з використанням програми Adobe PhotoShop®. Рівень каротиноїдів визначали спектрофотометричним методом. **Результати.** Візуальні оцінки кольору борошна та макаронів, виставлені різними дослідниками, істотно різняться (до 2–3 балів за 9-бальною шкалою). Водночас використання розробленого способу експрес-оцінки кольору зразків борошна й макаронів у програмі Adobe PhotoShop® із системою оцінювання кольору $L^*a^*b^*$, що застосовується в сучасних рефлектометрах, дає змогу отримувати дані у вигляді числового значення й забезпечує високу точність. У разі застосування розробленого способу, встановлено кореляційні зв'язки між вмістом каротиноїдів та показником b^* борошна ($r = 0,41 / \leq 0,05$) і макаронів ($r = 0,60 / p \leq 0,001$) і дало змогу виділити кращі за кольором борошна селекційні лінії 10-56, 10-65, 14-153, зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus*, за кольором макаронів – лінії 10-56, 10-65, 11-29, 12-3. **Висновки.** Розроблений спосіб забезпечує високу точність та може використовуватись для оцінювання кольору макаронів і борошна пшениці, дає змогу спростити оцінку досліджуваних зразків, стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції та уникнути суб'єктивного судження. Установлений слабкий кореляційний зв'язок між вмістом каротиноїдів та показником b^* борошна свідчить про вплив на колір борошна не тільки помаранчевих, а й жовтих та червоних пігментів, а середній кореляційний зв'язок між вмістом каротиноїдів та показником b^* макаронів вказує на вплив продуктів реакції окислення поліфенолів зерна пшениці. Виділено кращі за кольором борошна та макаронів лінії для селекційної роботи щодо підвищення вмісту каротиноїдних пігментів у зерні.

Ключові слова: кольоровий простір $L^*a^*b^*$; борошно; тісто; експрес-метод; вміст каротиноїдів.

Вступ

Пшениця, як один з основних продуктів харчування людини, є важливим джерелом харчових вуглеводів та білка, а також каротиноїдних пігментів [1, 2]. Саме вони відіграють важливу роль у зниженні кількості вікових та хронічних захворювань через високі радіопротекторні властивості та антиоксидантну активність [3–5]. Каротиноїди відіграють вирішальну роль у формуванні кольору борошна та макаронних виробів із пшениці.

Колір борошна визначається за допомогою спеціальних приладів [6, 7]. Одним з найпоширеніших серед них є рефлектометр, що

вимірює відбивну здатність борошна [8]. Крім того, зараз використовуються портативні спектрофотометри [9]. Вони працюють на основі «кольорових просторів» XYZ, Yxz, CIE LAB, CIE LUV, LCh_{ta} LAB&WI&YI. У цих «кольорових просторах» колір досліджуваних об'єктів вимірюється без впливу людського чинника, що відповідає нормативам Американського товариства з випробувань та матеріалів (American Society for Testing and Materials), Науково-дослідницької асоціації з борошномельного виробництва та випічки (Flour Milling and Baking Research Association) та ін. (ASTM E313, ASTM D1925, AATCC, Hunter, CIE/ISO, YI, FMBRA) [10, 11]. У таких приладах вимірюється внесок червоного, зеленого та синього компонентів видимого спектру в колір досліджуваних зразків. Колірна модель $L^*a^*b^*$ має три параметри визначення кольору – яскравість (*Lightness*) (L^*), який має значення від чорного (0) до яскравого (100); a^* – показує співвідношення червоної та зеленої складових кольору, де позитивні значення a^* означають «червоний», негативні – «зелений». Третім параметром визначення кольору є b^* , який вказує на співвідношення між зеленим

Liudmyla Vecherska
<https://orcid.org/0000-0003-3513-6701>
Oleg Golik
<https://orcid.org/0000-0001-9893-8037>
Liana Relina
<https://orcid.org/0000-0003-2833-5841>
Larysa Buriak
<https://orcid.org/0000-0003-3025-1225>
Sheliakina Tetiana
<https://orcid.org/0000-0003-2255-8550>

й синім складниками кольору. Позитивні значення b^* означають «жовтий», а негативні – «синій» [12]. Аналогічний підхід було використано за розроблення методу оцінювання кольору, що не залежить від пристрою та може бути легко відкалібрований до будь-якої системи комп'ютерного зору [13]. При цьому L^* корелює з вмістом золи в борошні, а b^* – зі вмістом жовтих пігментів. Індекс кольору борошна ($L^* - b^*$) корелює з обома параметрами [14]. У вимірювачі Agtron Color Meter (Coffeetec, USA) джерело світла підсвічує досліджуваний зразок борошна, світло, відбите від поверхні, вимірюється спектрально на трьох довжинах хвиль – 436, 546 та 640 нм (синій, зелений та червоний кольори відповідно). Слід зазначити, використання таких підходів потребує досить коштовного обладнання. Водночас спрощена візуальна оцінка згідно з [15] дуже залежить від освітлення в приміщенні. Крім того, на цю оцінку істотно впливає суб'єктивне судження дослідника (зір, сприйняття кольору). Отже, актуальним є розроблення методу оцінювання кольору борошна й макаронів зразків пшениці з використанням доступного обладнання.

Мета досліджень – розробити спрощений експрес-метод оцінювання кольору борошна й макаронів за допомогою програмного забезпечення Adobe Photo Shop®, у якому використовується така ж система оцінки кольору, що й у рефлектометрах – $L^*a^*b^*$.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом для досліджень слугувало зерно пшениці врожаю 2018–2020 рр. Використовували сорти селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва 'Спадщина' (*Triticum durum*), 'Голіковська', 'Романівська' (*T. dicocum*), 23 перспективних селекційних лінії (*T. dicocum*), зразки *T. durum* var. *falcotomelanopus*, IR00137, SYR, джерело ознаки крупності та склоподібності зерна для полби [16], *T. timopheevii*, UA 0300107, GEO, *T. dicocum* var. *atratum*, UA0300081, POL, *T. dicocum* var. *atratum*, UA0300214, USA (характеризуються виключно високою склоподібністю та високою твердістю зерна [17], отриманих з Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Для оцінки кольору борошна використовували планшет плоскодонний на 96 лунок. Для оцінки кольору макаронів використовували плоский шматок тіста, виготовлений за методикою тестування якості макаронів [15] (рис. 1). Наважки борошна, розміщені в окремих лунках пластикового планшета

для титрування, та шматочки тіста завтовшки 4 мм сканували за допомогою EPSON Scanner 010F за роздільної здатності 600 dpi. Колір у програмі Adobe Photo Shop® оцінювали за допомогою інструмента «pipette» розміром 3 × 3 pixel. Для кожного зразка проводили шість вимірів. Така кількість повторних вимірів забезпечує рівень похибки середнього не більше ніж 2%. У таблицях 1 та 2 наведено середні значення. Точки для вимірювання обирали навколо центру наважки борошна або шматка тіста, щоб уникнути спотворення крайового кольору.

Рівень каротиноїдів визначали спектрофотометричним методом в екстрактах ацетону, як описано у [18, 19].

Кореляційні зв'язки визначали за коефіцієнтом Пірсона.

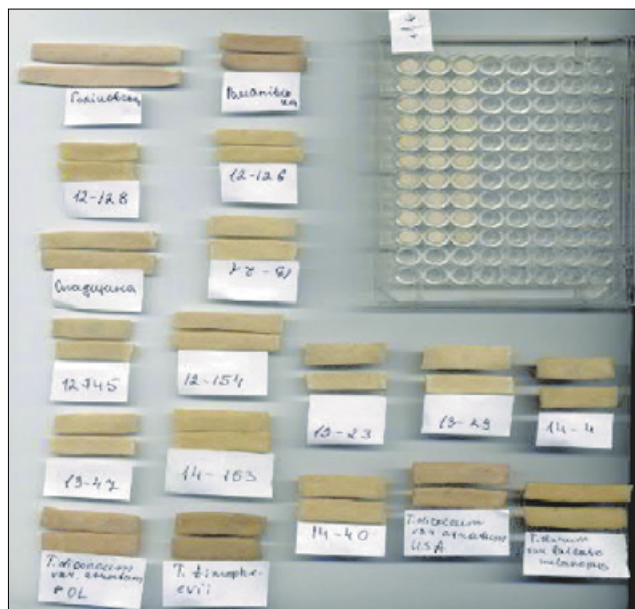


Рис. 1. Відскановані зображення борошна та тіста із зерна полби

Результати досліджень

Селекціонерам доводиться постійно проводити значну кількість оцінок, що пов'язані із визначенням кольору борошна й макаронів. Насиченіший колір указує на вищий вміст каротиноїдних пігментів. Через відсутність спеціального обладнання, такі оцінки, зазвичай, проводять візуально. Зрозуміло, що оцінки, виставлені різними дослідниками, дуже різняться, що було підтверджено отриманими нами результатами (табл. 1 і 2). У таблицях наведено середні значення результатів досліджень, проведених протягом 2018–2020 рр. Як впливає з даних таблиць, візуальна оцінка кольору дуже відрізняється ($HP_{0,05} - 0,2$) залежно від суб'єкта дослідження.

Таблиця 1

Колір борошна із зерна пшениці різних видів

Сорт/лінія пшениці	Колір за оцінкою в програмі Adobe PhotoShop®, середнє із шести вимірювань			Колір за візуальною оцінкою, бал			Уміст каротиноїдів, мг/кг
	L*	a	b*	Дослідник 1	Дослідник 2	Дослідник 3	
'Голіковська'	78,0	1,6	10,0	5	7	5	1,35
'Романівська'	72,2	2,8	9,0	5	5	5	1,14
'Спадщина'	75,6	2,2	10,4	9	7	9	2,29
10-56	76,6	1,4	12,4	9	5	6	2,60
10-65	75,2	1,0	13,2	9	7	7	2,60
10-79	75,0	1,8	11,4	9	7	7	2,50
10-139	75,4	1,6	9,2	5	7	6	1,35
11-29	75,2	2,2	9,4	5	5	6	1,04
12-3	78,0	1,0	10,6	8	7	6	2,29
12-5	79,0	1,0	10,0	8	7	8	2,29
12-22	76,6	1,4	10,2	8	5	7	2,29
12-27	76,2	1,8	11,2	7	5	5	2,08
12-48	75,6	1,8	9,0	7	5	5	1,56
12-122	76,8	0,8	9,4	7	7	8	2,08
12-123	76,4	1,0	9,2	7	5	7	2,29
12-126	77,0	1,4	9,8	5	5	5	2,29
12-128	76,0	1,6	11,4	5	4	5	2,29
12-145	75,8	1,4	9,4	5	4	5	1,46
12-154	76,0	2,2	10,0	7	6	7	1,56
13-21	79,6	1,0	9,4	5	3	5	2,29
13-23	76,2	1,2	10,0	7	7	8	2,29
13-29	76,2	1,0	9,4	7	6	5	2,39
13-47	77,0	1,2	10,4	7	5	5	1,77
14-4	75,6	1,4	10,8	7	6	5	2,08
14-40	75,0	1,6	10,0	7	7	7	1,66
14-153	76,0	1,0	13,0	7	7	7	2,60
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i>	74,2	1,8	12,8	9	9	9	3,19
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> POL	74,4	1,8	8,6	5	5	5	1,71
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> USA	74,4	2,0	9,2	5	5	5	1,62
<i>T. timopheevii</i>	70,0	2,4	9,6	5	3	3	3,12

Таблиця 2

Колір макаронів із зерна пшениці різних видів

Сорт/лінія пшениці	Колір за оцінкою в програмі Adobe PhotoShop®, середнє із шести вимірювань			Колір за візуальною оцінкою, бал			Уміст каротиноїдів, мг/кг
	L*	a	b*	Дослідник 1	Дослідник 2	Дослідник 3	
'Голіковська'	73,6	4,0	11,2	5	3	5	1,35
'Романівська'	56,4	5,8	13,8	1	3	1	1,14
'Спадщина'	65,6	3,6	14,6	7	8	7	2,29
10-56	72,8	7,3	24,7	7	7	7	2,60
10-65	64,7	9,7	31,2	9	7	8	2,60
10-79	66,0	9,8	24,0	5	7	6	2,50
10-139	75,2	8,0	20,5	5	7	5	1,35
11-29	64,0	9,2	29,2	5	5	5	1,04
12-3	73,3	7,2	27,0	6	7	7	2,29
12-5	67,7	5,5	18,8	7	8	7	2,29
12-22	67,2	9,7	21,2	5	7	3	2,29
12-27	77,3	7,8	19,5	7	7	5	2,08
12-48	77,2	7,7	20,8	7	8	7	1,56
12-122	72,3	8,8	21,0	6	7	5	2,08
12-123	77,2	7,8	21,5	5	7	5	2,29
12-126	63,8	4,3	20,5	5	7	5	2,29
12-128	63,8	4,0	18,2	7	7	7	2,29
12-145	72,2	2,8	14,6	5	5	5	1,46
12-154	68,4	4,0	15,4	5	6	5	1,56
13-21	70,4	3,0	15,0	3	4	3	2,29

Сорт/лінія пшениці	Колір за оцінкою в програмі Adobe PhotoShop®, середнє із шести вимірювань			Колір за візуальною оцінкою, бал			Уміст каротиноїдів, мг/кг
	L*	a	b*	Дослідник 1	Дослідник 2	Дослідник 3	
13-23	72,2	2,8	14,4	5	5	4	2,29
13-29	75	3,6	16,6	5	5	4	2,39
13-47	74,8	2,2	15,6	7	7	5	1,77
14-4	55,4	5,4	18,4	5	6	5	2,08
14-40	58,4	4,8	17,0	5	7	5	1,66
14-153	58,4	6,4	19,6	6	7	7	2,60
<i>T. durum</i> var. <i>falcatomelanopus</i>	53,2	6,8	19,8	9	9	9	3,19
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> POL	48,2	7,8	14,4	5	6	3	1,71
<i>T. dicoccum</i> var. <i>atratum</i> USA	52,2	8,0	16,8	5	6	5	1,62
<i>T. timopheevii</i>	48,4	5,8	11,4	1	1	2	3,12

Водночас використання способу експрес-оцінки кольору зразків борошна й макаронів у програмі Adobe PhotoShop® із системою оцінки кольору L*a*b*, що застосовується в сучасних у рефлектометрах, дає змогу отримувати дані у вигляді числового значення. Такі дані найцінніші для показника b*, який вказує на вміст жовтих пігментів та дає змогу відібрати найкращі зразки з точним відтворенням результатів досліджуваного зразка. Розроблений спосіб забезпечує високу точність та може використовуватися для оцінювання кольору будь-якої сільськогосподарської продукції (зерно, крупа, борошно, макарони, хліб тощо). Використання єдиного кольорового простору дає можливість спростити оцінку та порівняння кольору досліджуваних зразків, а також стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції й уникнути суб'єктивного компонента.

У разі застосування способу експрес-оцінки кольору борошна й тіста в програмі Adobe PhotoShop® встановлено кореляційні зв'язки між вмістом каротиноїдів та показником b* борошна ($r = 0,41 / \leq 0,05$) і макаронів ($r = 0,60 / p \leq 0,001$). Слабкий (для борошна) та середній (для макаронів) рівень кореляції можна пояснити тим, що на колір борошна впливає вміст не тільки жовтих пігментів, але й червоних і помаранчевих, які також належать до каротиноїдів. Крім того, на колір макаронів можуть впливати забарвлені продукти реакцій окислення поліфенолів зерна пшениці під впливом поліфенолоксидаз [20]. Використання способу експрес-оцінки дало змогу виділити за кращим кольором борошна селекційні лінії 10-56, 10-65, 14-153 та зразок *T. durum* var. *falcatomelanopus* [15], а за кольором макаронів – лінії 10-56, 10-65, 11-29, 12-3.

Висновки

Використання способу експрес-оцінки кольору зразків борошна й макаронів у прог-

рамі Adobe PhotoShop® із системою оцінки кольору L*a*b*, що застосовується в сучасних рефлектометрах, дає змогу отримувати дані у вигляді числового значення. Розроблений спосіб забезпечує високу точність та може використовуватися для оцінки кольору будь-якої сільськогосподарської продукції (зерно, крупа, борошно, макарони, хліб тощо). Використання єдиного кольорового простору дає змогу спростити оцінку й порівняння кольору досліджуваних зразків, а також стандартизувати параметри сільськогосподарської продукції та уникнути суб'єктивного компонента. Установлений слабкий кореляційний зв'язок між вмістом каротиноїдів та показником b* борошна свідчить про вплив на колір борошна не тільки помаранчевих, а й жовтих та червоних пігментів, а середній кореляційний зв'язок між вмістом каротиноїдів та показником b* макаронів вказує на вплив продуктів реакцій окислення поліфенолів зерна пшениці під впливом поліфенолоксидаз. Виділено кращі за кольором борошна та макаронів лінії для селекційної роботи щодо підвищення вмісту каротиноїдних пігментів у зерні.

Використана література

- Dinu M., Whittaker A., Pagliai G. et al. Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *J. Nutr. Biochem.* 2018. Vol. 52. P. 1–9. doi: 10.1016/j.jnutbio.2017.09.001
- Colasuonno P., Marcotuli I., Blanco A. et al. Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. *var. durum*): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. *Front. Plant Sci.* 2019. Vol. 10. 1347. doi: 10.3389/fpls.2019.01347
- Wheat: Chemistry and Technology / K. Khan, P. R. Shewry (Eds). 4th ed. St. Paul, MN : AACC, 2009. 467 p. doi: 10.1094/9781891127557.fm
- Alos E., Rodrigo M. J., Zacarias L. Manipulation of Carotenoid Content in Plants to Improve Human Health. *Subcell. Biochem.* 2016. Vol. 79. P. 311–343. doi: 10.1007/978-3-319-39126-7_12
- Fiedor J., Burda K. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients.* 2014. Vol. 6, Iss. 2. P. 466–488. doi: 10.3390/nu6020466

6. Swartz T. E., Yin J., Patapoff T. W. et al. Spectral Method for Color Quantitation of a Protein Drug Solution. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.* 2016. Vol. 70, Iss. 4. P. 361–381. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006486
7. Yin J., Swartz T. E., Zhang J. et al. Validation of a Spectral Method for Quantitative Measurement of Color in Protein Drug Solutions. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.* 2016. Vol. 70, Iss. 4. P. 382–391. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006494
8. Sanabria J. C., Bass J., Spors F. et al. Measurement of Carotenoids in Perifovea using the Macular Pigment Reflectometer. *J. Vis. Exp.* 2020. Vol. 155. e60429. doi: 10.3791/60429
9. Sanmartín P., Gambino M., Fuentes E. et al. A Simple, Reliable, and Inexpensive Solution for Contact Color Measurement in Small Plant Samples. *Sensors*. 2020. Vol. 20, Iss. 8. 2348. doi: 10.3390/s20082348
10. American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards. URL: https://www.agilent.com/store/en_US/LCat-SubCat1ECS_366710/American-Society-for-Testing-and-Materials-ASTM-Standards
11. Advances in Baking Technology / B. S. Kamel, C. E. Stauffer (Eds). Boston, MA : Springer, 1993. 424 p. doi: 10.1007/978-1-4899-7256-9
12. CIE 15: 2004. Technical Report: Colorimetry / International Commission on Illumination. 3rd ed. 2004. URL: https://archive.org/stream/gov.law.cie.15.2004/cie.15.2004_djvu.txt
13. Jackman P., Sun D. W., Elmasry G. Robust colour calibration of an imaging system using a colour space transform and advanced regression modelling. *Meat. Sci.* 2012. Vol. 91, Iss. 4. P. 402–407. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.014
14. Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products / R. de Pinho Ferreira Guine, P. M. dos Reis Correia (Eds). Boca Raton, FL : CRC Press, 2013. 367 p. doi: 10.1201/b15246
15. Леонов О. Ю., Панченко І. А., Склярєвський К. М. та ін. Методичні рекомендації з оцінки якості зерна селекційного матеріалу. Харків, 2011. 70 с.
16. Дорофеев В. Ф., Удачин Р. А., Семёнова Л. В. и др. Пшеницы мира / под ред. В. Ф. Дорофеева. 2-е изд., перераб и доп. Ленинград : Агропромиздат, 1987. 560 с.
17. Carleton M. A. Winter emmer. *Farmers' bulletin*. 1911. Vol. 466. 24 p. URL: <https://naldc.nal.usda.gov/download/ORC0000177/PDF>
18. Методы биохимического исследования растений / под ред. А. И. Ермакова. Изд. 2-е, перераб. и доп. Ленинград : Колос, 1972. 456 с.
19. Мурри И. К. Биохимия проса. *Биохимия культурных растений*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва ; Ленинград : Сельхозгиз, 1958. Т. 1 : Хлебные крупяные культуры. С. 512–588.
20. Рыбалка О. І. Якість пшениці та її поліпшення. Київ : Логос, 2011. 496 с.
4. Alos, E., Rodrigo, M. J., & Zacarias, L. (2016). Manipulation of Carotenoid Content in Plants to Improve Human Health. *Subcell. Biochem.*, 79, 311–343. doi: 10.1007/978-3-319-39126-7_12
5. Fiedor, J., & Burda, K. (2014). Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. *Nutrients*, 6(2), 466–488. doi: 10.3390/nu6020466
6. Swartz, T. E., Yin, J., Patapoff, T. W., Horst, T., Skiersz, S. M., Leggett, G., ... Kabakoff, B. A. (2016). Spectral Method for Color Quantitation of a Protein Drug Solution. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.*, 70(4), 361–381. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006486
7. Yin, J., Swartz, T. E., Zhang, J., Patapoff, T. W., Chen, B., Marhoul, J., ... Rahimi, K. (2016). Validation of a Spectral Method for Quantitative Measurement of Color in Protein Drug Solutions. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.*, 70(4), 382–391. doi: 10.5731/pdajpst.2016.006494
8. Sanabria, J. C., Bass, J., Spors, F., Gierhart, D. L., & Davey, P. G. (2020). Measurement of Carotenoids in Perifovea using the Macular Pigment Reflectometer. *J. Vis. Exp.*, 155, e60429. doi: 10.3791/60429
9. Sanmartín, P., Gambino, M., Fuentes, E., & Serrano, M. (2020). A Simple, Reliable, and Inexpensive Solution for Contact Color Measurement in Small Plant Samples. *Sensors*, 20(8), 2348. doi: 10.3390/s20082348
10. American Society for Testing and Materials (ASTM) Standards. Retrieved from https://www.agilent.com/store/en_US/LCat-SubCat1ECS_366710/American-Society-for-Testing-and-Materials-ASTM-Standards
11. Kamel, B. S., & Stauffer, C. E. (Eds.). (1993). *Advances in Baking Technology*. Boston, MA: Springer. doi: 10.1007/978-1-4899-7256-9
12. International Commission on Illumination. (2004). *CIE 15: 2004. Technical Report: Colorimetry*. (3rd ed.). Retrieved from https://archive.org/stream/gov.law.cie.15.2004/cie.15.2004_djvu.txt
13. Jackman, P., Sun, D. W., & Elmasry, G. (2012). Robust colour calibration of an imaging system using a colour space transform and advanced regression modelling. *Meat. Sci.*, 91(4), 402–407. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.02.014
14. de Pinho Ferreira Guine, R., & dos Reis Correia, P. M. (Eds). (2013). *Engineering Aspects of Cereal and Cereal-Based Products*. Boca Raton, FL: CRC Press. doi: 10.1201/b15246
15. Leonov, O. Yu., Panchenko, I. A., Skliarevskiy, K. M., Rosankevych, O. M., Buriak, L. I., & Poluhina A. V. (2011). *Metodychni rekomendatsii z otsinky yakosti zerna selektsiinoho materialu* [Methodical recommendations for the evaluation of the quality of grain of breeding material]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]
16. Dorofeev, V. F., Udachin, R. A., Semenova, L. V., Novikova, M. V., Gradchaninova, O. D., Shitova, I. P., Merezko, A. F., & Filatenko, A. A. (1987). *Pshenitsy mira* [Wheats of the World]. V. F. Dorofeev (Ed.). (2nd ed., rev.). Leningrad: Agropromizdat. [in Russian]
17. Carleton, M. A. (1911). Winter emmer. *Farmers' bulletin*, 466. Retrieved from <https://naldc.nal.usda.gov/download/ORC0000177/PDF>
18. Ermakov, A. I. (Ed.). (1972). *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Biochemical research methods of plants]. (2nd ed., rev. & enl.). Leningrad: Kolos. [in Russian]
19. Murri, I. K. (1958). Millet biochemistry. In *Biokhimiya kul'turnykh rasteniy* [Biochemistry of domestic plants]. (2nd ed., rev. & enl.). (Vol. 1: Bread cereal crops, pp. 512–588). Moscow; Leningrad: Selkhozgiz. [in Russian]
20. Rybalka, O. I. (2011). *Yakist pshenitsi ta yii polipshennia* [Wheat quality and its improvement]. Kyiv: Lohos. [in Ukrainian]

References

1. Dinu, M., Whittaker, A., Pagliai, G., Benedettelli, S., & Sofi, F. (2018). Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *J. Nutr. Biochem.*, 152, 1–9. doi: 10.1016/j.jnutbio.2017.09.001
2. Colasuonno, P., Marcotuli, I., Blanco, A., Maccaferri, M., Condorelli, G. E., Tuberosa R., ... Gadaleta, A. (2019). Carotenoid Pigment Content in Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. var *durum*): An Overview of Quantitative Trait Loci and Candidate Genes. *Front. Plant Sci.*, 10, 1347. doi: 10.3389/fpls.2019.01347
3. Khan, K., & Shewry, P. R. (Eds.). (2009). *Wheat: Chemistry and Technology*. (4th ed.). St. Paul, MN: AACC doi: 10.1094/9781891127557.fm

UDC 633.11:581.16

Vecherska, L. A., Holik, O. V.*, Relina, L. I., Buriak, L. I., & Sheliakina, T. A. (2020). Development of a method for rapid evaluation of the color of flour and pasta made from wheat of different species. *Plant Varieties Studying and Protection*, 16(4), 343–348. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.4.2020.224049>

*Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuriev, NAAS of Ukraine, 142 Moskovskiy Ave., Kharkiv, 61060, Ukraine, *e-mail: golik.oleg.vi@gmail.com*

Purpose. Develop a simplified method for estimating the color of flour and pasta using Adobe Photo Shop® software. **Methods.** The research material was grain of varieties and selection lines of wheat species *Triticum durum*, *T. dicocum*, *T. timopheevii* bred in the Plant Production Institute nd. a. V. Ya. Yuryev and samples of the National Center for Genetic Resources of Plants of Ukraine, 2018–2020 harvest. Batch of flour and pieces of dough were scanned using EPSON Scanner 010 F. Color was evaluated using Adobe PhotoShop®. The level of carotenoids was determined by spectrophotometric method. **Results.** Visual assessments of flour and pasta color, presented by different researchers, differ significantly (up to 2–3 points on a 9-point scale). At the same time, the use of the developed method of express color evaluation of flour and pasta samples in Adobe PhotoShop® with the color evaluation system $L^*a^*b^*$, used in modern reflectometers, allows to obtain data in numerical value and provides high accuracy. In the case of the developed method, correlations were established between the content of

carotenoids and the index b^* of flour ($r = 0.41 / \leq 0.05$) and pasta ($r = 0.60 / p \leq 0.001$) and allowed to select the best in flour color selection lines 10-56, 10-65, 14-153, sample *T. durum* var. *falcatomelanopus*, in pasta color – lines 10-56, 10-65, 11-29, 12-3. **Conclusions.** The developed method provides high accuracy and can be used to evaluate the color of pasta and wheat flour, simplifies the evaluation of test samples, standardizes the parameters of agricultural products and avoids subjective judgment. The established weak correlation between the carotenoid content and the b^* value of flour indicates the effect on the color of flour not only orange but also yellow and red pigments, and the average correlation between the carotenoid content and the b^* value of pasta indicates the influence of the products of polyphenols oxidation reactions of wheat grain. The best in color flour and pasta lines were selected for breeding work to increase the content of carotenoid pigments in grain.

Keywords: color space $L^*a^*b^*$; flour; dough; express method; carotenoid content.

Надійшла / Received 12.11.2020
Погоджено до друку / Accepted 30.11.2020