

УДК 631.3:636

К.М. Деркач, асп.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Розробка методу оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою

У статті розроблено метод оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою з використанням інтерактивної сегментації та усереднюючого фільтра для обробки зображень. Визначено оптимальні параметри обробки проб і концентрації жирОВОї добавки в модельних пробах. **якість змішування, неоднорідність суміші, комбікорм, жирОВА добавка**

Сьогодні досить поширеним є введення жирОВИХ добавок безпосередньо у корми тварин [1]. У зв'язку з цим розробка нового методу оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою є актуальною.

Перспективними для оцінки ступеня однорідності сумішей є методи з застосуванням цифрової обробки зображень [2]. Раніше нами були проведені попередні дослідження [3], направлені на розробку методу оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою з застосуванням цифрової обробки зображень. Проте дані дослідження мають попередній характер і потребують подальшого розвитку і визначення оптимальних товщини шару комбікорму з забарвленою рідкою жирОВОЮ добавкою, розподіленого на підложках, і часу витримки проб, розподілених на підложках, для отримання якісних та інформативних зображень підложок.

Метою даної статті є розробка методу оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою та визначення оптимальних параметрів обробки проб.

Метод оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жирОВОЮ добавкою з застосуванням цифрової обробки зображень складається з забарвлення рідкої жирОВОї добавки у колір, що відрізняється від кольору вихідних компонентів комбікорму, приготування еталонних проб комбікорму з відомою концентрацією забарвленої рідкої жирОВОї добавки, що за кольором відрізняються від вихідного комбікорму без жирОВОї добавки, розподілу еталонних проб на підложках і витримки їх під привантаженням, отримання цифрових зображень підложок, на яких витримані еталонні проби, цифрової обробки цих зображень у колірній моделі RGB з використанням усереднюючого фільтра, побудови градувальних залежностей концентрації забарвленої рідкої жирОВОї добавки в еталонних пробах від відносної яскравості, відбору аналізованих проб, розподілу, витримки аналізованих проб і отримання цифрових зображень підложок, на яких витримані аналізовані проби, аналогічно розподілу, витримці та отриманню цифрових зображень підложок, на яких витримані еталонні проби, цифрової обробки цих зображень з використанням інтерактивної сегментації та усереднюючого фільтра, визначення концентрацій забарвленої рідкої жирОВОї добавки в аналізованих пробах за допомогою сегментованих зображень підложок і градувальних залежностей, і розрахунку коефіцієнту неоднорідності суміші за формулою:

$$V_c = \frac{100}{c_{\text{сер}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c_{\text{сер}})^2}{n-1}}, \quad (1)$$

де V_c – коефіцієнт неоднорідності суміші, %;

$c_{\text{н\ddot{a}d}}$ – рецептурна концентрація контрольного компонента у суміші, %;

c_i – концентрація контрольного компонента в i -ій пробі, %;

n – кількість аналізованих проб.

Відносну яскравість розраховували за формулою:

$$\delta B = \frac{B_n}{B_\phi}, \quad (2)$$

де δB – відносна яскравість;

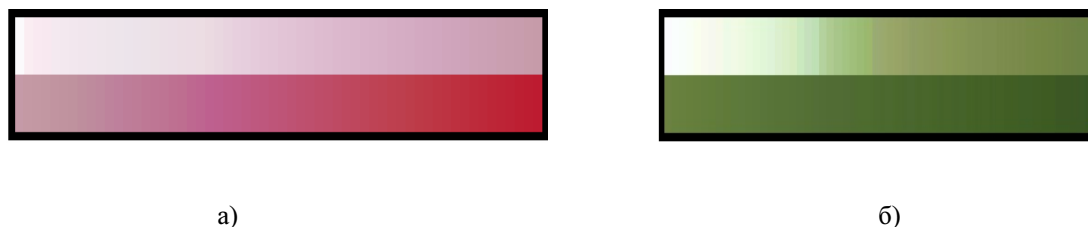
B_i – яскравість зображення підложки, на якій була розподілена та витримана проба, ум. од.;

B_ϕ – яскравість зображення еталонного фону, ум. од.

В якості еталонного фону та підложок використовували білий папір фільтрувальний лабораторний марки «Ф» за ГОСТ 12026-76. Підложки, на яких були розподілені та витримані проби, сканували як кольорові фотографії при розширенні 300 dpi за допомогою сканера багатофункціонального пристрою Canon PIXMA MP270. Усереднювали колір зображень підложок, на яких витримані еталонні проби, еталонного фону та областей сегментованих зображень підложок, на яких витримані аналізовані проби, шляхом застосування фільтра Average і визначали яскравість об'єднаного колірного каналу RGB у діапазоні 0...255 умовних одиниць яскравості у програмі Adobe Photoshop CS3 Extended. Для сегментації зображень підложок на області, що відповідали областям з різними концентраціями забарвленої рідкої жирової добавки аналізованих проб, використовували інструмент інтерактивної сегментації Magic Wand у програмі Adobe Photoshop CS3 Extended. В якості затравочних пікселів використовували послідовно пікселі зображень підложок, на яких витримані еталонні проби з концентраціями забарвленої рідкої жирової добавки у діапазоні 0...100%, після застосування фільтра Average. Для визначення параметра Tolerance інструмента Magic Wand виділяли послідовно зображення підложок, на яких витримані еталонні проби інструментом Magic Wand і підбирали максимальний параметр Tolerance для кожного зображення, при якому не виділялися інші зображення підложок, на яких витримані еталонні проби. Усереднювали колір кожної області сегментованих зображень підложок, на яких витримані аналізовані проби, шляхом застосування фільтра Average, уточнювали концентрації в областях сегментованих зображень підложок за градувальними залежностями і визначали за кількістю пікселів у кожній області сегментованих зображень підложок концентрації забарвленої рідкої жирової добавки в аналізованих пробах. Для зручності аналізу сегментованих зображень змінювали колір кожної області сегментованих зображень так, щоб вони візуально легко відрізнялися. За допомогою програми Curve Expert 1.3 (при виборі поліноміальної регресії за умовчанням ступінь полінома дорівнював 4) будували залежності концентрації забарвленої рідкої жирової добавки в еталонних пробах від відносної яскравості. В якості градувальних залежностей використовували залежності, що мали найкращі показники коефіцієнтів кореляції r і середнього квадратичного відхилення S , причому отримували градувальні залежності у діапазонах концентрацій забарвленої рідкої жирової добавки в еталонних пробах 0...5% з кроком 0,25% та 0...100% з кроком 1%.

Дослідження здійснювалися з використанням стандартного розсипного повнораціонного комбікорму для відлучених поросят віком від 2 до 4 місяців, виготовленого за рецептом ПК 51-6-89. В якості модельних забарвлених рідких жирових добавок застосовували 5% олійні розчини карміну та мідного комплексу хлорофілу. Для приготування цих розчинів використовували рафіновану дезодоровану виморожену соняшникову олію «Олейна класична» марки «П» виробництва ЗАТ «Дніпропетровський олійноекстракційний завод» (Україна), натуральні харчові барвники кармін марки «ЕКОТОН Кармін 0040» виробництва компанії «ЕКО РЕСУРС» (Росія) та мідний комплекс хлорофілу марки «OF0709 Хлорофілу екстракт» виробництва компанії «NATUREX» (Франція). Для визначення оптимальної товщини суцільного рівномірного шару комбікорму з забарвленою рідкою жирною добавкою, витриманого на підложках, кожен з модельних проб з концентрацією забарвленої рідкої жирової добавки 1% розподіляли на підложках шаром товщиною, відповідно, 3, 5, 7 мм. Товщина шару менше 3 мм не забезпечувала би його суцільність, а при збільшенні товщини шару більш 7 мм суттєво зменшувалася би площа контакту проб з підложками та, відповідно, знижувалася би інформативність зображень підложок. Для визначення оптимального часу витримки кожен з модельних проб з концентрацією забарвленої рідкої жирової добавки 1%, розподілених на підложках, накривали кришкою з органічного скла з привантаженням масою 2 кг і витримували протягом, відповідно, 5, 10, 15 хвилин. Час витримки проб підпривантаженням масою 2 кг змінювали в діапазоні 5...15 хвилин з кроком 5 хвилин виходячи з технологічної доцільності та попередніх досліджень. Модельні еталонні проби у кількості 3 паралельних проб для кожної з концентрацій для побудови градувальних залежностей за середніми значеннями 3 паралельних визначень і модельні проби з відомою концентрацією модельної забарвленої рідкої жирової добавки, відповідно, 1%, 2% у кількості 10 паралельних проб для кожної з концентрацій масою 100 грамів кожна для оцінки якості визначення концентрації забарвленої рідкої жирової добавки в пробах готували шляхом змішування в міксері відповідних кількостей комбікорму з модельними забарвленими рідкими жировими добавками до отримання однорідного кольору сумішей протягом 5 хвилин при частоті обертання місильного органа міксера 450 об/хв. Для зважування компонентів сумішей використовували ваги лабораторні ВЛР-1000 3-го класу точності з межею зважування 1000 г, ціною ділення шкали 10 мг, точністю вимірювання 10 мг за ГОСТ 24104-88. Для змішування комбікорму з модельною забарвленою рідкою жирною добавкою використовували побутовий міксер Braun M830 MultiMix з двигуном потужністю 350 Вт і частотою обертання місильного органа міксера 450 об/хв., ємкість з нержавіючої сталі об'ємом 3 л.

Результати цифрової обробки зображень підложок, на яких були розподілені еталонні проби, наведено на рис. 1-3 і у табл. 1.



а) – з олійним розчином карміну; б) – з олійним розчином мідного комплексу хлорофілу

Рисунок 1 – Области зображень підложок, на яких витримані еталонні проби, після цифрової обробки у вигляді кольорових шкал)

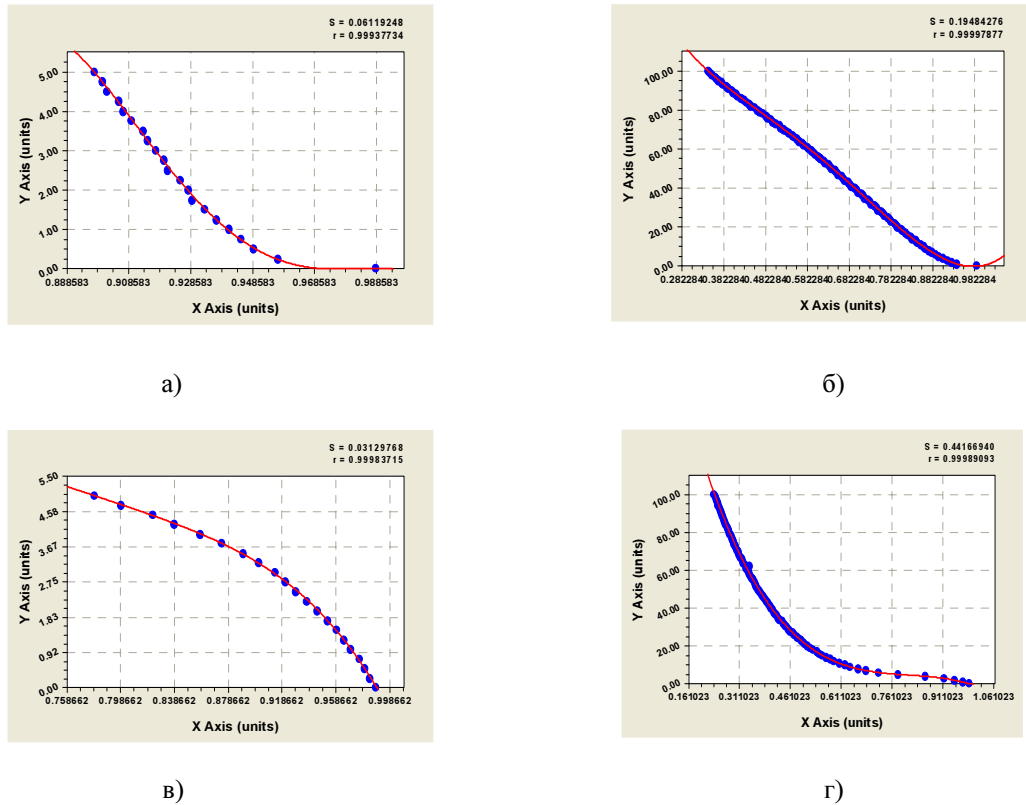
Таблиця 1 – Результати цифрової обробки зображень підложок, на яких витримані еталонні проби

Назва параметра	Значення параметра											
	Кармін						Мідний комплекс хлорофілу					
с, %	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25
RGB, ум. од.	151	243	241	240	239	238	251	250	249	248	246	245
с, %	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75
RGB, ум. од.	237	236	236	235	234	234	244	242	240	238	236	234
с, %	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25
RGB, ум. од.	233	232	232	231	230	230	232	229	226	222	218	214
с, %	4,5	4,75	5	6	7	8	4,5	4,75	5	6	7	8
RGB, ум. од.	229	229	228	226	224	222	209	203	198	183	174	168
с, %	9	10	11	12	13	14	9	10	11	12	13	14
RGB, ум. од.	220	219	217	215	214	212	162	158	154	150	147	144
с, %	15	16	17	18	19	20	15	16	17	18	19	20
RGB, ум. од.	211	209	208	206	205	203	141	139	137	134	132	130
с, %	21	22	23	24	25	26	21	22	23	24	25	26
RGB, ум. од.	202	201	199	198	197	195	128	127	125	123	122	120
с, %	27	28	29	30	31	32	27	28	29	30	31	32
RGB, ум. од.	194	193	191	190	189	187	119	117	116	114	113	112
с, %	33	34	35	36	37	38	33	34	35	36	37	38
RGB, ум. од.	186	185	183	182	181	179	111	109	108	107	106	105
с, %	39	40	41	42	43	44	39	40	41	42	43	44
RGB, ум. од.	178	177	175	174	173	171	104	103	102	101	100	99
с, %	45	46	47	48	49	50	45	46	47	48	49	50
RGB, ум. од.	170	169	167	166	165	163	98	97	96	95	94	93
с, %	51	52	53	54	55	56	51	52	53	54	55	56
RGB, ум. од.	162	161	159	158	156	155	92	91,33	91	90	89	88
с, %	57	58	59	60	61	62	57	58	59	60	61	62
RGB, ум. од.	153	152	151	149	148	146	87	86	86	85	84	83
с, %	63	64	65	66	67	68	63	64	65	66	67	68
RGB, ум. од.	145	143	142	140	139	137	83	82	81	81	80	79
с, %	69	70	71	72	73	74	69	70	71	72	73	74
RGB, ум. од.	135	134	132	131	129	127	126	78	77	76,33	76	75
с, %	75	76	77	78	79	80	75	76	77	78	79	80
RGB, ум. од.	124	123	121	119	118	116	74	74	73	73	72	71
с, %	81	82	83	84	85	86	81	82	83	84	85	86
RGB, ум. од.	114	113	111	110	108	106	71	70,33	70	69	68,33	68
с, %	87	88	89	90	91	92	87	88	89	90	91	92
RGB, ум. од.	105	103	102	100	99	97	67	67	66	66	65	65
с, %	93	94	95	96	97	98	93	94	95	96	97	98
RGB, ум. од.	96	94	93	92	90	89	64	63	63	62	62	61
с, %	99	100					99	100				
RGB, ум. од.	89	88					61	60				

Яскравість об'єднаного колірної каналу RGB усіх зображень еталонного фону після застосування фільтра Average дорівнювала $B_{\Phi}=254$.

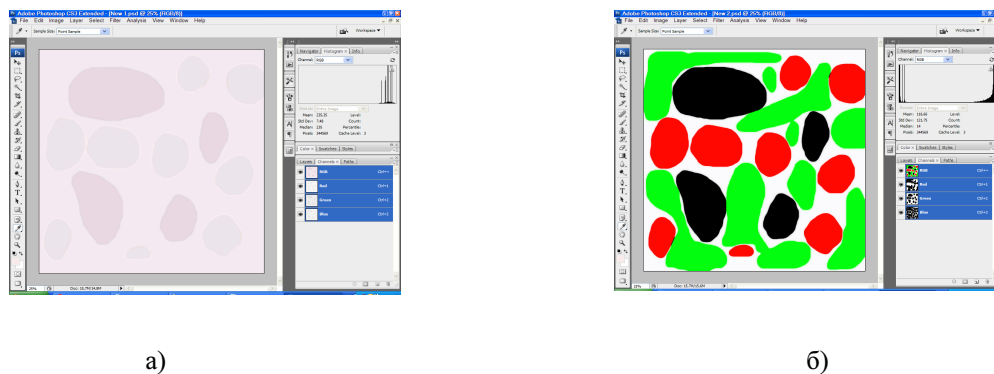
При товщині шару комбікорму з забарвленою рідкою жирною добавкою, витриманого на підложках, 5 мм був отриманий більш насичений колір підложок, ніж

при товщині шару 3 мм. Збільшення товщини шару до 7 мм трохи підвищувало насиченість кольору, але, враховуючи зменшення площі контакту проб з підложками при товщині 7 мм, оптимальною є товщина 5 мм. При часі витримки проб під привантаженням 10 хвилин був отриманий більш насичений колір підложок, ніж при часі 5 хвилин. Збільшення часу до 15 хвилин суттєво не змінювало насиченість кольору, тому оптимальним є час 10 хвилин.



а) – олійного розчину карміну в діапазонах концентрацій 0...5% з кроком 0,25%; б) – олійного розчину карміну в діапазонах концентрацій 0...100% з кроком 1%; в) – олійного розчину мідного комплексу хлорофілу в діапазонах концентрацій 0...5% з кроком 0,25%; г) – олійного розчину мідного комплексу хлорофілу в діапазонах концентрацій 0...100% з кроком 1%

Рисунок 2 – Градувальні залежності концентрації олійних розчинів барвників в еталонних пробах від відносної яскравості)



а) – до зміни кольорів областей сегментованого зображення; б) – після зміни кольорів областей сегментованого зображення

Рисунок 3 – Сегментовані зображення підложки, на якій витримана аналізована проба

Середні значення концентрацій модельних забарвлених рідких жирових добавок у модельних пробах з відомими концентраціями олійних розчинів карміну та мідного комплексу хлорофілу та довірчий інтервал середніх значень склали, відповідно, $0,99 \pm 0,09\%$, $1,98 \pm 0,15\%$, $0,99 \pm 0,08\%$, $1,97 \pm 0,16\%$; відносні стандартні відхилення склали, відповідно, 6,3%, 10,4%, 5,9%, 13,8%; розраховані значення коефіцієнтів Стьюдента ($t(P=0,95; f=9)$) дорівнювали, відповідно, 0,25, 0,54, 0,26, 0,55, що менше табличного значення коефіцієнта Стьюдента ($t(P=0,95; f=9)=2,26$), тобто відмінність результатів аналізу від дійсних значень незначуща, визначення концентрацій забарвленої рідкої жирової добавки в пробах не містить систематичної погрішності.

Розроблено метод оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жировою добавкою з використанням інструмента інтерактивної сегментації та усереднюючого фільтра для обробки зображень, що може бути застосований при дослідженнях змішуючого обладнання. Визначено оптимальні параметри обробки проб: товщина шару комбікорму з забарвленою рідкою жировою добавкою, витриманого на підложках, 5 мм; час витримки проб, розподілених на підложках, 10 хвилин. Розроблений метод планується застосувати для оцінки якості змішування розсипного комбікорму з рідкою жировою добавкою при дослідженнях лабораторного змішувача.

Список літератури

1. Лисицын А. Н. Растительные масла в производстве комбикормов / А. Н. Лисицын // Материалы 10-й международной научно-практической конференции «Масложировая индустрия 2010». - СПб.: ВНИИЖ, 2010. - С. 8-14.
2. Пат. 2343457 Российская Федерация, МКИ G 01 N 21/85. Способ определения качества смеси сыпучих материалов / А. Г. Ткачев, А. А. Баранов, Н. Р. Меметов, А. А. Пасько, Т. В. Пасько, И. Н. Шубин, С. В. Блинов, А. В. Авдеева (Россия). - №2007115024/28 ; заявл. 20.04.2007 ; опубл. 10.01.2009. Бюл. № 1. – 5 с.
3. Деркач К. М. Визначення якості змішування комбікорму з рідкою жировою добавкою // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. - Луганськ: ЛНАУ, 2012. - № 35. - С. 90-98.

К. Деркач

Разработка метода оценки качества смешивания рассыпного комбикорма с жидкой жировой добавкой

В статье разработан метод оценки качества смешивания рассыпного комбикорма с жидкой жировой добавкой с использованием интерактивной сегментации и усредняющего фильтра для обработки изображений. Определены оптимальные параметры обработки проб и концентрации жировой добавки в модельных пробах.

K. Derkach

Development of method of estimation of quality of mixing of the loose mixed fodder with liquid fatty addition

In the article the method of estimation of quality of mixing of the loose mixed fodder with liquid fatty addition with the use of interactive segmentation and averaging filter is developed for processing of images. The optimum parameters of treatment of tests and concentration of fatty addition are certain in model tests.

Одержано 29.03.12