

Исследование цветовых характеристик хлебобулочных изделий из пшеничной муки при различной продолжительности выпечки

Лариса В. Зайцева	¹	l.zaitceva@gosniihp.ru	 0000-0001-8176-1650
Денис Ю. Сотченко	¹	d.sotchenko@gosniihp.ru	 0009-0006-3337-8060
Александр Ю. Игнатов	¹	a.ignatov@gosniihp.ru	 0009-0006-0101-9258
Юлия Ю. Печникова	¹	yu.pechnikova@gosniihp.ru	 0000-0002-9039-7368
Хачатур А. Балуйан	¹	kh.baluyan@gosniihp.ru	 0000-0003-3011-8846
Владимир В. Мартиросян	¹	v.martirosyan@gosniihp.ru	 0000-0002-4026-5789

¹ Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия

Аннотация. В соответствии с нормативными документами цвет хлебобулочных изделий определяется в ходе органолептического анализа, существенным недостатком которого является субъективность оценки. В настоящее время в мировой практике широко используется оценка цветовых характеристик различных пищевых продуктов, включая хлебобулочные изделия, с применением инструментального метода анализа. Наибольшее распространение получила колориметрическая система CIE Lab. Цель работы – определение влияния продолжительности выпечки в электрической подовой печи на цветовые характеристики хлебобулочного изделия из пшеничной муки высшего сорта. Объектом исследования являлись изделия, приготовленные по рецептуре батона нарезного с различной продолжительностью выпечки (15-40 мин). Образцы хлебобулочных изделий исследовали органолептическим анализом (вкус, цвет корки, цвет мякиша, запах хлеба, запах мякиша, состояние мякиша). Анализ цветовых характеристик корки и мякиша проводили при помощи прибора колориметра Chroma meter CR-410 (Konica Minolta, Япония) в системе CIE Lab. В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением времени выпечки степень светлоты (L^*) уменьшается от $72,60 \pm 1,75\%$ до $48,75 \pm 1,43\%$; параметр b^* значительно уменьшается, начиная с 35 минут выпечки от $23,43 \pm 0,28^\circ$ до $15,42 \pm 1,30^\circ$; тогда, как параметр a^* сначала возрастает от $6,40 \pm 1,12^\circ$ до пика в $10,57 \pm 0,43^\circ$ к 30 минутам выпечки, а затем снижается. Сопоставление результатов по цветовым характеристикам хлебобулочного изделия с результатами органолептического анализа позволило установить диапазоны значений цветовых характеристик L^* (55-68%) и a^* ($9-11^\circ$), при которых цвет корки хлеба и изделия в целом положительно оценивается дегустаторами. Параметр b^* не имел однозначной корреляции с результатами органолептического анализа. С применением международной системы CIE Lab измерения цветовых характеристик хлебобулочных изделий доказано, что для оценки цвета корки изделия из пшеничной муки наиболее информативным являются значения характеристик « L^* » и « a^* », коррелирующих с органолептической оценкой этих изделий. Эти характеристики могут быть использованы в качестве визуальных индикаторов в процессе автоматического контроля продолжительности выпечки.

Ключевые слова: хлебобулочное изделие, продолжительность выпечки, цвет, органолептический анализ, колориметрия, цветовые характеристики.

Study of color characteristics of bakery products made from wheat flour at different baking times

Larisa V. Zaytseva	¹	l.zaitceva@gosniihp.ru	 0000-0001-8176-1650
Denis Yu. Sotchenko	¹	d.sotchenko@gosniihp.ru	 0009-0006-3337-8060
Aleksandr Yu. Ignatov	¹	a.ignatov@gosniihp.ru	 0009-0006-0101-9258
Yuliya Yu. Pechnikova	¹	yu.pechnikova@gosniihp.ru	 0000-0002-9039-7368
Khachatur A. Baluyan	¹	kh.baluyan@gosniihp.ru	 0000-0003-3011-8846
Vladimir V. Martirosyan	¹	v.martirosyan@gosniihp.ru	 0000-0002-4026-5789

¹ Scientific Research Institute for the Baking Industry, B. Cherkizovskaya str., 26A, Moscow, 107553, Russia

Для цитирования

Зайцева Л.В., Сотченко Д.Ю., Игнатов А.Ю., Печникова Ю.Ю., Балуйан Х.А., Мартиросян В.В. Исследование цветовых характеристик хлебобулочных изделий из пшеничной муки при различной продолжительности выпечки // Вестник ВГУИТ. 2026. Т. 88. № 1. С. 133–141. doi:10.20914/2310-1202-2026-1-133-141

For citation

Zaytseva L.V., Sotchenko D.Yu., Ignatov A.Yu., Pechnikova Yu.Yu., Baluyan Kh.A., Martirosyan V.V. Study of color characteristics of bakery products made from wheat flour at different baking times. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2026. vol. 88. no. 1. pp. 133–141. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2026-1-133-141

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Abstract. According to regulatory documents, the color of bakery products is determined by organoleptic analysis, an essential fault of which is the assessment subjectivity. Instrumental analysis is widely used currently in world practice to evaluate the color characteristics of various food products, including bakery products. The most widely used colorimetric system is the CIE Lab. The aim of the study was to determine the effect of baking time in an electrical sole oven on the color characteristics of bakery products made from patent wheat flour. The objects of the study were products prepared according to the recipe for long loaf with different baking times (15–40 min). Samples of bakery products were examined by organoleptic analysis (taste, crust color, crumb color, bread aroma, crumb aroma, crumb condition). The analysis of the color characteristics of the crust and crumb was performed using a colorimeter Chroma meter CR-410 (Konica Minolta, Japan) in the CIE Lab system. The studies have shown that with increasing baking time, the lightness (L^*) decreases from $72.60 \pm 1.75\%$ to $48.75 \pm 1.43\%$; the parameter b^* decreases significantly starting from 35 minutes of baking from $23.43 \pm 0.28^\circ$ to $15.42 \pm 1.30^\circ$; while the parameter a^* initially increases from $6.40 \pm 1.12^\circ$ to a peak value of $10.57 \pm 0.43^\circ$ by 30 minutes of baking, and then decreases. Comparison of the results of the color characteristics of the bakery product with the results of the organoleptic analysis made it possible to establish the ranges of color characteristics L^* (55–68%) and a^* (9–11°), at which the color of the bread crust and the product as a whole is positively assessed by tasters. The b^* parameter did not have an unambiguous correlation with the results of the organoleptic analysis. Using the international CIE Lab system for measuring bakery product color characteristics, it has been proven that the most informative values for assessing the crust color of wheat flour products are the characteristics " L^* " and " a^* ", which correlate with the organoleptic assessment of these products. These characteristics can be used as visual indicators in the automatic baking time control process.

Keywords: bakery product, baking time, color, organoleptic analysis, colorimetry, color characteristics.

Введение

Одной из ключевых характеристик, влияющих на выбор потребителем того или иного хлебобулочного изделия, наряду с ароматом является цвет. Недостаточно выраженный или, напротив, очень тёмный цвет может привести к формированию мнения о нарушении каких-либо параметров технологического процесса, и, следовательно, о понижении качества изделия. В настоящее время оценка цвета хлебобулочных изделий в соответствии с нормативными документами осуществляется при проведении органолептического анализа [1–4]. Существенным недостатком данного метода является субъективность оценки. Кроме квалификации дегустаторов на восприятие цвета хлебобулочного изделия огромное влияние оказывают степень освещённости помещения и длина волны источника света [5]. Таким образом, переход от субъективной оценки цвета при органолептическом анализе к объективной оценке с применением инструментального метода анализа является актуальным. С повышением заинтересованности населения в расширении ассортимента хлебобулочных изделий, обогащённых различными нутриентами, многие из которых оказывают существенное влияние на изменение цвета, необходимость стандартизации этого показателя возрастает.

Анализ зарубежных научных публикаций по этой тематике за последние 5 лет показывает увеличение количества исследований с определением цвета хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с применением инструментального метода анализа. Наибольшее распространение получила колориметрическая система CIE Lab [6]. В системе CIE Lab колориметрия сводится к выражению значений цвета поверхности образцов в трёх осях: L^* , a^* и b^* . Ось L^* описывает

светлоту (Lightness) цвета по шкале от 0 (абсолютно чёрный цвет) до 100% (абсолютно белый цвет). Ось a^* может иметь как отрицательное значение (-128°), которое соответствует зелёному цвету, так и положительное ($+128^\circ$), соответствующее красному цвету. Ось b^* также имеет, как отрицательное значение (-128°), соответствующее синему цвету, так и положительное ($+128^\circ$), соответствующее жёлтому цвету.

Венгерскими учёными проведены исследования по колориметрической оценке цвета различных видов муки с применением системы CIE Lab. Установлены достоверные отличия в цветовых характеристиках пшеничной муки, цельнозерновой муки, муки из тритикале и рисовой муки. Показано, что с применением инструментального метода может быть проведена идентификация муки [7]. В настоящее время инструментальный метод с применением системы CIE Lab широко используется при изучении влияния добавления различных видов муки (льняной, кунжутной, конопляной, муки чиа, муки из фиолетового риса) [8–10], цельнозерновой пшеничной муки из пророщенных и непророщенных зёрен [11], а также отрубей [12, 13] на цветовые характеристики хлебобулочных изделий из пшеничной муки.

Учёными различных стран, включая и Российскую Федерацию, изучается изменение цветовых характеристик хлебобулочных изделий с добавлением различных трав [14–17], продуктов переработки фруктов и овощей и других культур [18–21], в том числе при разработке безглютеновых изделий [22, 23].

Отдельным направлением исследований является установление влияния технологических параметров подготовки сырья и последующей выпечки хлебобулочных изделий на цветовые характеристики анализируемых объектов [24–26].

В работе турецких учёных изучалось воздействие гидротермической обработки пшеничной, ячменной и рисовой муки с применением микроволн на изменение цветовых характеристик муки. Установлено, что для всех видов муки повышение исходной влажности при гидротермической обработке способствует снижению численного значения показателя L^* , увеличению показателя b^* . Значение показателя a^* также возрастает, за исключением пшеничной муки, где этот показатель остаётся практически без изменений [24]. Российскими учёными установлены существенные отличия в значениях цветовых характеристик (L^* , a^* , b^*) между хлебом при электроконтактном и конвективном способах выпечки, в последнем случае наблюдалось смещение цветовых характеристик к коричневым оттенкам [25]. В научно-исследовательском институте хлебопекарной промышленности проведены исследования по оценке влияния температурного поля пекарной камеры радиационно-конвективной печи на цветовые характеристики корки пшеничного хлеба. Установлено, что наименьший разброс значений ($\pm 5\%$) имеет показатель L^* , тогда как разброс значений для показателей a^* , b^* составляет $\pm 10-15\%$ [26].

Таким образом, применение инструментальных методов анализа цветовых характеристик корки и мякиша хлебобулочных изделий может стать информативным показателем, как при изменении их рецептур за счёт внесения

различных компонентов, так и вариации технологических параметров процесса производства. Внедрение этих методов на хлебопекарных предприятиях позволит стандартизировать цветовые характеристики различных видов хлебобулочных изделий за счёт их объективной оценки, что безусловно является актуальным. С другой стороны, установление взаимосвязи между показателями качества хлебобулочных изделий, оцениваемых органолептическим анализом, и их цветовыми характеристиками позволит контролировать процесс выпечки хлеба, путём внедрения в процесс компьютерного зрения с заложенным в нём допустимым интервалом по значениям цветовых характеристик. Для решения этой задачи необходимо интенсифицировать работы по изучению влияния технологических параметров процесса выпечки хлебобулочного изделия на его цветовые характеристики, что безусловно будет зависеть, как от вида изделия, так и от типа используемого оборудования.

Цель работы – определение влияния продолжительности выпечки в электрической подовой печи на цветовые характеристики хлебобулочного изделия из пшеничной муки высшего сорта.

Материалы и методы

Тесто готовили безопарным способом из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта согласно рецептуре батона нарезного (таблица 1).

Таблица 1.

Унифицированная рецептура батона нарезного

Table 1.

The unified formulation for white long loaf

Наименование сырья Name of raw material	Количество вносимого сырья, % к массе муки Amount of added raw material, % of flour weight
Мука пшеничная, в.с. Patent wheat flour	100
Дрожжи прессованные хлебопекарные Pressed baker's yeast	2,5
Соль пищевая Table salt	1,5
Сахар белый White sugar	4,0
Маргарин Margarine	3,5
Вода Water	По расчёту, исходя из влажности теста, 43% According to calculations based on the dough moisture content, 43%

Для исследований было выбрано хлебобулочное изделие по рецептуре батона нарезного, пользующееся наибольшим потребительским спросом. Замес теста осуществляли в тестомесильной машине SP80D (Diosna, Германия): на первой скорости (в течение 4 мин) до равномерного распределения всех компонентов, на второй скорости (в течение 6 мин) до формирования структуры теста. Созревание теста длилось 120 минут при температуре 33°C , обеспечивая оптимальные условия для жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий. Выброженное тесто делили на куски (450 гр.), формовали

и отправляли на расстойку. Окончательная расстойка тестовых заготовок продолжалась в среднем 65 минут при температуре $37-38^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 75-80%. Созревание теста и его расстойку осуществляли с использованием оборудования Condo (Miwe, Германия).

Изделия выпекали в электрической подовой печи при температуре 230°C продолжительностью 2 мин, далее при 210°C в течение 13-38 мин. Общая продолжительность выпечки изделий составила 15, 20, 25, 30, 35 и 40 минут. Подача пара осуществлялась в первые минуты выпечки.

Через 18-20 часов после выпечки проводили органолептический анализ изделий (вкус, цвет корки, цвет мякиша, запах хлеба, запах мякиша, состояние мякиша), а также анализ цветовых характеристик корки и мякиша при помощи прибора колориметра Chroma meter CR-410 (Konica Minolta, Япония) в системе CIE Lab. Показания цветовых характеристик в каждом образце (2 повторности) определяли в пяти точках корки и трёх точках мякиша, равномерно удалённых друг от друга (середина и 2-4 крайних точки). Полученные данные обрабатывались в программе Excel, с расчётом средних значений

L^* , a^* , b^* и ΔE^* для каждого опытного образца. Достоверность различий оценивали методом однофакторного дисперсионного анализа при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

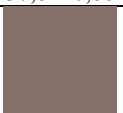
Средние значения цветовых характеристик (L^* , a^* , b^* , ΔE^*) корки и мякиша опытных образцов хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта, изготовленных при различной продолжительности выпечки приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Влияние продолжительности выпечки на цветовые характеристики корки хлебобулочных изделий

Table 2.

The influence of baking time on the color characteristics of the crust of bakery products

Продолжительность выпечки, мин Baking time, min		15	20	25	30	35	40
Цветовые характеристики Color characteristics	L^* , %	72,60±0,84	68,69±0,65	67,73±0,87	62,45±0,58	54,99±0,60	48,75±0,69
	a^* , °	6,40±0,54	8,14±0,37	9,07±0,45	10,57±0,21	10,48±0,12	7,63±0,50
	b^* , °	23,43±0,28	23,11±0,20	23,31±0,13	21,55±0,28	15,42±0,63	7,21±1,06
	ΔE^*	13,75±1,02	17,76±0,72	19,10±0,95	24,07±0,56	30,95±0,62	37,84±0,86
Цвет корки Crust color							
Внешний вид хлеба Appearance of bread							

Полученные с помощью колориметра значения цветовых характеристик использовали для расчёта насыщенности цвета C^* (при $C^* = 0$ цвет образца серый) и угла цветового тона h^* по формулам [20]:

$$C^* = \sqrt{(a^* + b^*)}, \quad (1)$$

$$h^* = \arctg \frac{a^*}{b^*}. \quad (2)$$

По формулам, приведённым ниже, также рассчитаны:

— индекс побурения (Browning index)

$$BI^* = \frac{100 \times (X - 0,31)}{0,172}, \quad (3)$$

$$\text{где } X = \frac{a^* + (1,75 \times L^*)}{(5,645 \times L^*) + a^* - (3,012 \times b^*)}. \quad (4)$$

— индекс белизны (Whiteness index)

$$WI^* = \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}. \quad (5)$$

Таблица 3.

Влияние продолжительности выпечки на цветовые характеристики мякиша хлебобулочных изделий

Table 3.

The influence of baking time on the color characteristics of the crumb of bakery products

Продолжительность выпечки, мин Baking time, min		15	20	25	30	35	40
Цветовые характеристики Color characteristics	$L^*, \%$	80,21±0,52	79,63±0,27	80,15±0,23	79,37±0,26	79,69±0,27	79,18±0,25
	$a^*, \circ$	-0,16±0,04	-0,21±0,02	-0,24±0,02	-0,19±0,03	-0,17±0,03	-0,14±0,02
	$b^*, \circ$	15,35±0,15	15,37±0,14	15,39±0,09	15,38±0,10	15,45±0,07	15,59±0,12
	ΔE^*	5,43±0,25	5,60±0,14	5,29±0,17	5,78±0,18	5,53±0,16	5,76±0,19
Цвет мякиша Crumb color							
Внешний вид хлеба Appearance of bread							

— индекс желтизны (Yellowness index)

$$YI^* = \frac{142,86 \times b^*}{L^*}. \quad (6)$$

Полученные расчётные данные цветовых характеристик корки и мякиша представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4.

Расчётные цветовые характеристики корки хлебобулочных изделий при различной продолжительности выпечки

Table 4.

Calculated color characteristics of the crust of bakery products at different baking times

Цветовые характеристики Color characteristics	Продолжительность выпечки, мин Baking time, min					
	15	20	25	30	35	40
C^*	5,14±0,07	5,64±0,04	5,59±0,04	5,65±0,02	5,21±0,07	3,53±0,21
h^*	9,68±1,14	19,85±0,81	18,65±0,98	26,74±0,66	33,32±1,00	54,83±3,03
BI^*	37,73±1,56	49,51±1,00	47,78±1,26	53,25±0,40	47,79±1,17	23,43±2,83
WI^*	32,71±0,86	40,17±0,58	38,92±0,77	44,72±0,41	48,40±0,36	52,87±0,47
YI^*	42,13±0,98	48,74±0,57	47,78±0,65	48,87±0,27	41,92±1,27	17,45±2,81

Таблица 5.

Расчётные цветовые характеристики мякиша хлебобулочных изделий при различной продолжительности выпечки

Table 5.

Calculated color characteristics of the crumb of bakery products at different baking times

Цветовые характеристики Color characteristics	Продолжительность выпечки, мин Baking time, min					
	15	20	25	30	35	40
C^*	3,93±0,02	3,91±0,02	3,89±0,01	3,87±0,01	3,91±0,01	3,93±0,02
h^*	-0,38±0,16	-0,70±0,09	-0,82±0,06	-0,91±0,10	-0,43±0,10	-0,42±0,09
BI^*	20,59±0,33	20,70±0,28	20,39±0,11	20,18±0,19	20,61±0,15	21,07±0,21
WI^*	24,79±0,46	25,50±0,27	25,29±0,16	25,36±0,23	25,44±0,22	26,09±0,21
YI^*	27,55±0,37	27,78±0,32	27,45±0,13	27,22±0,22	27,60±0,17	28,14±0,23

Анализ всего массива данных по определению цветовых характеристик корки хлебобулочных изделий из пшеничной муки высшего сорта (таблица 4) в параметрах цветового пространства CIE Lab позволил установить следующее:

— с увеличением продолжительности выпечки степень светлоты цвета (L^*) снижается от 72,60±0,84% до 48,75±0,69%, что свидетельствует о потемнении корки;

— значения показателя a^* с увеличением продолжительности выпечки от 15 до 30 мин возрастают с 6,4±0,54° до 10,57±0,21° и не меняются при 35 мин выпечки, а затем снижаются практически до первоначального уровня к 40 мин выпечки, то есть корка сначала приобретает более красноватый оттенок, затем частично теряет его;

— значения показателя b^* остаются практически неизменными при продолжительности выпечки 15-30 мин, а начиная с 35 минут выпечки отмечено резкое снижение значений (в 3 раза к 40 мин), что указывает на потерю жёлтого оттенка и затемнение цвета;

— ΔE^* увеличивается с 13,75±1,02 до 37,84±0,86, что свидетельствует о значительном визуальном изменении цвета по мере увеличения продолжительности выпечки;

— насыщенность цвета (C^*) не претерпевает значительных вариаций при выпечке в течение 15-35 мин, но при 40 мин выпечки снижается на 30%;

— значение угла цветового тона (h^*) минимальное при 15 мин выпечки, затем возрастает и не меняется в течение 20-25 мин выпечки, затем продолжается дальнейший рост;

— индекс побурения (BI^*) к 20 мин выпечки возрастает и далее практически не меняется до 30 мин, что свидетельствует об образовании коричневых оттенков в корке хлеба, дальнейшее увеличение продолжительности выпечки способствует снижению этого индекса в связи с переходом от коричневых оттенков в чёрные;

— индекс белизны (WI^*), как и следовало ожидать, возрастает с увеличением продолжительности выпечки с 15 до 40 минут, что подтверждает переход цвета из светлых оттенков в тёмные;

— индекс желтизны (YI^*) сначала возрастает до 48-49 и практически остаётся неизменным при 20-30 мин выпечки, что свидетельствует об оптимальной продолжительности образования жёлтых оттенков в корке хлеба, дальнейшее увеличение продолжительности выпечки ведёт к снижению его значения, связанного с переходом жёлтого цвета в коричневый.

Анализ данных по определению цвета мякиша хлебобулочного изделия из пшеничной муки в параметрах цветового пространства CIE Lab показал, что с увеличением продолжительности выпечки показатели L^* , b^* и C^* существенно не меняются: $L^* = 79,70 \pm 0,18\%$; $b^* = 15,42 \pm 0,04\%$;

$C^* = 3,91 \pm 0,01$ (таблицы 3 и 5). Показатель a^* достигает максимума к 25 мин выпечки. Незначительные вариации значений показателей обусловлены тем, что внутренняя часть хлеба подвергается меньшему термическому воздействию по сравнению с коркой изделия. Угол цветового тона (h^*) возрастает к 30 мин выпечки, а затем снова снижается до первоначального уровня. Индексы побурения (BI^*), белизны (WI^*) и желтизны (YI^*) практически не меняются при различной продолжительности выпечки, но максимальное их значение зафиксировано при 40 мин выпечки, тогда же был отмечен несколько более темный оттенок цвета у мякиша при органолептическом анализе (таблица 5).

Исследованы органолептические показатели качества образцов хлебобулочных изделий с различной продолжительностью выпечки (рисунок 1).

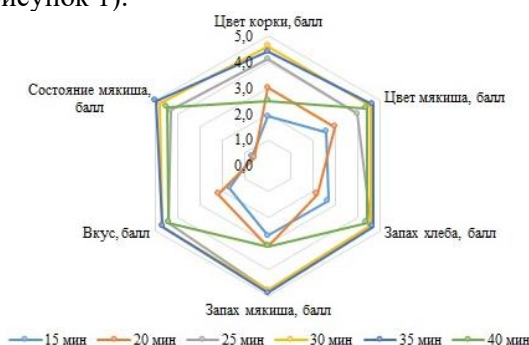


Рисунок 1. Квалиметрическая оценка образцов хлеба с различной продолжительностью выпечки
Figure 1. Qualimetric evaluation of bread samples at different baking time

Установлено, что в исследуемых условиях продолжительность процесса 15-20 минут является недостаточной для получения качественного изделия – мякиш был сырым, комковался, имел неприятный запах, бледный цвет корки. Интересно отметить, что в этом случае дегустаторы также снижали оценку за цвет мякиша. Это вероятно обусловлено тем, что непропечённость мякиша влияла на восприятие его цвета дегустаторами, что приводило к заниженным баллам при оценке этого дескриптора. При продолжительности выпечки 40 мин отмечено ухудшение состояния мякиша (суховат) и его запаха, а также чрезмерное потемнение корки и некоторое потемнение мякиша изделия. Наилучшие оценки по всем дескрипторам даны образцам с продолжительностью выпечки 30 и 35 мин. Хорошие оценки получили образцы с продолжительностью выпечки 25 мин. Цвет корки при продолжительности выпечки 25, 30 и 35 минут получил в среднем 4,1; 4,6 и 4,4 балла, соответственно (таблица 6).

Продолжительность выпечки 40 минут также способствовала получению более толстой корки у хлебобулочного изделия, затрудняющей его разжевываемость. Таким образом, в исследуемых условиях продолжительность выпечки в течение 25-35 мин гарантирует получение хлебобулочного изделия с приемлемыми потребительскими характеристиками.

Таблица 6.

Сопоставление органолептической оценки цвета корки образцов хлебобулочных изделий с цветовыми характеристиками в системе CIE Lab

Table 6.

Comparison of organoleptic assessment of crust color of bakery product samples with color characteristics in the CIE Lab system

Продолжительность выпечки, мин Baking time, min	L^* , %	a^* , °	Толщина корки, см Crust thickness, cm	Органолептическая оценка, балл Organoleptic assessment, score
15	$72,60 \pm 0,84$	$6,40 \pm 0,54$	0,45	1,9
20	$68,89 \pm 0,55$	$8,14 \pm 0,37$	0,50	3,0
25	$67,73 \pm 0,50$	$9,07 \pm 0,45$	0,52	4,1
30	$62,45 \pm 0,58$	$10,57 \pm 0,21$	0,60	4,6
35	$54,99 \pm 0,60$	$10,48 \pm 0,12$	0,70	4,4
40	$48,75 \pm 0,69$	$7,63 \pm 0,50$	0,87	2,5

Проведено сопоставление значений цветовых характеристик, полученных инструментальным методом, с балльной оценкой дегустационной комиссии при органолептическом анализе. В результате установлено, что рекомендованное значение параметров для получения качественного изделия должно находиться в пределах: $L^* - 55-68\%$; $a^* - 9-11^\circ$.

В связи с тем, что значения показателя b^* при продолжительности выпечки 15, 20 и 25 минут были близки при совершенно различной

органолептической оценке (рис.1), этот показатель не может быть использован в дальнейшем для балльной оценки хлебобулочного изделия из пшеничной муки инструментальным методом.

Заключение

С использованием международной системы CIE Lab исследовано изменение цветовых характеристик хлебобулочных изделий при различной продолжительности выпечки и доказано, что для оценки цвета корки изделия

из пшеничной муки наиболее информативным является использование характеристик « L^* » и « a^* », коррелирующих с органолептической оценкой этих изделий, что может быть использовано для разработки балльной оценки цвета корки с использованием инструментального метода.

На основании анализа цвета корки хлебобулочного изделия из пшеничной муки при помощи колориметра Chroma meter CR-410 в системе CIE Lab установлены диапазоны значений цветовых характеристик L^* (55-68%) и a^* (9-11°), при которых цвет корки хлеба, а также другие

дескрипторы (вкус, цвет мякиша, запах хлеба, запах мякиша, состояние мякиша), положительно оцениваются дегустаторами, что может быть использовано в качестве визуального индикатора для контроля продолжительности выпечки.

Цветовые характеристики мякиша хлебобулочного изделия из пшеничной муки существенно не меняются в зависимости от продолжительности выпечки. Наибольшие изменения, связанные с некоторым потемнением мякиша, отмечены при продолжительности выпечки 40 мин.

Литература

- 1 Быковская Е.И., Ковалева А.Е., Пьяникова Э.А., Говядова А.И. Анализ показателей качества цельнозернового хлеба на хмелевых заквасках // Вестник ВГУИТ. 2023. Т. 85. № 1. С. 71–78. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-71-78
- 2 Хлопов А.А., Ефименко С.Г., Лыбенко Е.С. Влияние льняной муки на качество ржаного хлеба // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 74–80. doi: 10.20914/2310-1202-2024-2-74-80
- 3 Вебер А.Л., Леонова С.А. Возможности применения растительной дисперсии из зерна бобовых культур для улучшения свойств пшеничного хлеба // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 213–223. doi: 10.20914/2310-1202-2024-2-213-223
- 4 Дранников А.В., Шевцов А.А., Полянский К.К., Домбровская Я.П. и др. Разработка технологии пшенично-тритикалевого хлеба, устойчивого к микробиологической порче // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 1. С. 56–62. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-56-62
- 5 Chen W., Wu X., Liu Z. et al. The impact of illuminance level, correlated colour temperature and viewing background on the purchase intention for bread and cakes // Food Quality and Preference. 2022. V. 98. P. 104537. doi: 10.1016/j.foodqual.2022.104537
- 6 Балуян Х.А., Зайцева Л.В., Печникова Ю.Ю. и др. Перспективы использования инструментальных методов в определении цвета хлебобулочных изделий (предметный обзор) // Пищевая промышленность. 2025. № 6. С. 71–75. doi: 10.52653/PPI.2025.6.6.015
- 7 Horvath A., Kajdi F., Doka O. Classification of flours based on color measurements and evaluation using multivariate mathematical methods // Heliyon. 2025. V. 11. № 16. P. e44096. doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e44096
- 8 Fatima S., Altemimi A.B., Ali K. et al. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products // Applied Food Research. 2025. V. 5. № 1. P. 101534. doi: 10.1016/j.afres.2025.101534
- 9 Mussio C., Del Vecchio L., García-Pérez P. et al. Hemp flour enriched bread: effect on metabolomic and technological profile following in vitro digestion // Food Chemistry. 2026. V. 500. P. 147515. doi: 10.1016/j.foodchem.2025.147515
- 10 Qin Y., Jiang K., Song J. et al. Effect of roselle and purple rice powder on baking quality and aroma characteristic of bread // LWT. 2024. V. 199. P. 116134. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116134
- 11 Abdi R., Sharma M., Cao W. et al. Sprouted wheat wholemeal as a techno-functional ingredient in hard pretzels // Food Research International. 2024. V. 194. P. 114878. doi: 10.1016/j.foodres.2024.114878
- 12 Seo Y., Moon Y., Kweon M. Effect of purple-colored wheat bran addition on quality and antioxidant property of bread and optimization of bread-making conditions // Applied Sciences. 2021. V. 11. № 9. P. 4034. doi: 10.3390/app11094034
- 13 Tayefe M., Fadayi Eshkiki L., Rahbar Dalir Z., Nasrollahzadeh Masoule A. Optimization of green tea extract, rosemary extract, and rice bran in multifunctional bread: A concept for reduction of acrylamide and phytic acid // Heliyon. 2025. V. 11. P. e41182. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e41182
- 14 Сокурова Д.А., Запорожец Г.С., Сметанкина В.С. и др. Оценка цвета хлебобулочных изделий с добавлением измельченного сафлора с использованием колориметра // Сурский вестник. 2020. Т. 11. № 3. С. 65–70.
- 15 Akbarbaglu Z., Mazloomi N., Sarabandi K. et al. Stabilization of antioxidant thyme-leaves extract (*Thymus vulgaris*) within biopolymers and its application in functional bread formulation // Future Foods. 2024. V. 9. P. 100356. doi: 10.1016/j.fufo.2024.100356
- 16 Pereira T., Costa S., Barroso S. et al. Development and optimization of high-protein and low-saturated fat bread formulations enriched with lupin and microalgae // LWT. 2024. V. 191. P. 115612. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115612
- 17 Cannas M., Conte P., Urgeghe P.P. et al. Artichoke by-products: Promising ingredients for breadstick fortification // LWT. 2024. V. 202. P. 116307. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116307
- 18 Mohanakumar A., Dhenge R., Alinovi M. et al. The effect of natural basil extract on oxidative stability and techno-functional properties of breadsticks // LWT. 2025. V. 227. P. 117987. doi: 10.1016/j.lwt.2025.117987
- 19 Перфилова О.В., Брыксина К.В., Иванова Е.П., Толстова Н.Ю. Влияние фруктовой и овощной паст на органолептические показатели качества ржано-пшеничного хлеба // Наука и образование. 2022. № 4. С. 205–207.
- 20 Маслов А.В., Мингалеева З.Ш., Ямашев Т.А., Старовойтова О.В. Влияние комплексной добавки на цветовые характеристики пшеничного и ржано-пшеничного хлеба // Известия вузов. Пищевая технология. 2023. № 4. С. 45–51. doi: 10.26297/0579-3009.2023.4.8
- 21 Pokuah A.A., Atuna R.A., Akabanda F., Amagloh F.K. Enrichment of bread with soymilk using response surface methodology // Food Chemistry Advances. 2024. V. 4. P. 100570. doi: 10.1016/j.focha.2023.100570
- 22 Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Использование порошка мескита в производстве безглютенового печенья // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12. № 4. С. 154–159.

- 23 Penalver R., Nieto G. Developing a functional gluten-free sourdough bread by incorporating quinoa, amaranth, rice and spirulina // *LWT*. 2024. V. 201. P. 116162. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116162
- 24 Tok Ö., Tuncel N.B. The effect of microwave-assisted hydrothermal treatment on physicochemical and functional properties of wheat, barley, and rye flours // *Journal of Cereal Science*. 2024. V. 117. P. 103925. doi: 10.1016/j.jcs.2024.103925
- 25 Хузин Ф.К., Ямашев Т.А., Канарский А.В., Гематдинова В.М. Влияние способа выпечки и рецептурного состава хлебобулочных изделий на цветовые характеристики их поверхности // *Хлебопродукты*. 2020. № 1. С. 56–59. doi: 10.32462/0235-2508-2020-29-1-56-59
- 26 Печникова Ю.Ю., Черных В.Я. Оценка равномерности температурного поля пекарной камеры печи ППЭ-800П-1 // *Поландовские чтения: сб. мат. VII Междунар. науч.-практ. молодёж. конф. М.: ФГАНУ НИИХП*, 2025. С. 147–152.

References

- 1 Bykovskaya E.I., Kovaleva A.E., Pyanikova E.A., Govyadova A.I. Analysis of Quality Indicators of Whole Grain Bread on Hop Sourdoughs. *Bulletin of VSUET*. 2023. vol. 85. no. 1. pp. 71–78. doi: 10.20914/2310-1202-2023-1-71-78 (in Russian).
- 2 Khlopov A.A., Efimenko S.G., Lybenko E.S. Influence of Linseed Flour on the Quality of Rye Bread. *Bulletin of VSUET*. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 74–80. doi: 10.20914/2310-1202-2024-2-74-80 (in Russian).
- 3 Veber A.L., Leonova S.A. Possibilities of Using Plant Dispersion from Legume Grain to Improve the Properties of Wheat Bread. *Bulletin of VSUET*. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 213–223. doi: 10.20914/2310-1202-2024-2-213-223 (in Russian).
- 4 Drannikov A.V., Shevtsov A.A., Polyansky K.K., Dombrovskaya Ya.P. et al. Development of Technology for Wheat-Triticale Bread Resistant to Microbiological Spoilage. *Bulletin of VSUET*. 2024. vol. 86. no. 1. pp. 56–62. doi: 10.20914/2310-1202-2024-1-56-62 (in Russian).
- 5 Chen W., Wu X., Liu Z. et al. The impact of illuminance level, correlated colour temperature and viewing background on the purchase intention for bread and cakes. *Food Quality and Preference*. 2022. vol. 98. article 104537. doi: 10.1016/j.foodqual.2022.104537.
- 6 Baluyan Kh.A., Zaitseva L.V., Pechnikova Yu.Yu. et al. Prospects for the Use of Instrumental Methods in Determining the Color of Bakery Products (A Thematic Review). *Food Industry*. 2025. no. 6. pp. 71–75. doi: 10.52653/PPI.2025.6.6.015 (in Russian).
- 7 Horvath A., Kajdi F., Doka O. Classification of flours based on color measurements and evaluation using multivariate mathematical methods. *Heliyon*. 2025. vol. 11. no. 16. article e44096. doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e44096.
- 8 Fatima S., Altemimi A.B., Ali K. et al. A comprehensive review on effect of chia seed, flaxseed, sesame seed and their derivatives on quality of bakery products. *Applied Food Research*. 2025. vol. 5. no. 1. article 101534. doi: 10.1016/j.afres.2025.101534.
- 9 Mussio C., Del Vecchio L., García-Pérez P. et al. Hemp flour enriched bread: effect on metabolomic and technological profile following in vitro digestion. *Food Chemistry*. 2026. vol. 500. article 147515. doi: 10.1016/j.foodchem.2025.147515.
- 10 Qin Y., Jiang K., Song J. et al. Effect of roselle and purple rice powder on baking quality and aroma characteristic of bread. *LWT*. 2024. vol. 199. article 116134. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116134.
- 11 Abdi R., Sharma M., Cao W. et al. Sprouted wheat wholemeal as a techno-functional ingredient in hard pretzels. *Food Research International*. 2024. vol. 194. article 114878. doi: 10.1016/j.foodres.2024.114878.
- 12 Seo Y., Moon Y., Kweon M. Effect of purple-colored wheat bran addition on quality and antioxidant property of bread and optimization of bread-making conditions. *Applied Sciences*. 2021. vol. 11. no. 9. article 4034. doi: 10.3390/app11094034.
- 13 Tayefe M., Fadayi Eshkiki L., Rahbar Dalir Z., Nasrollahzadeh Masoule A. Optimization of green tea extract, rosemary extract, and rice bran in multifunctional bread: A concept for reduction of acrylamide and phytic acid. *Heliyon*. 2025. vol. 11. article e41182. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e41182.
- 14 Sokurova D.A., Zaporozhets G.S., Smetankina V.S. et al. Evaluation of the Color of Bakery Products with the Addition of Ground Safflower Using a Colorimeter. *Sursky Bulletin*. 2020. vol. 11. no. 3. pp. 65–70. (in Russian).
- 15 Akbarbaglu Z., Mazloomi N., Sarabandi K. et al. Stabilization of antioxidant thyme-leaves extract (*Thymus vulgaris*) within biopolymers and its application in functional bread formulation. *Future Foods*. 2024. vol. 9. article 100356. doi: 10.1016/j.fufo.2024.100356.
- 16 Pereira T., Costa S., Barroso S. et al. Development and optimization of high-protein and low-saturated fat bread formulations enriched with lupin and microalgae. *LWT*. 2024. vol. 191. article 115612. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115612.
- 17 Cannas M., Conte P., Urgeghe P.P. et al. Artichoke by-products: Promising ingredients for breadstick fortification. *LWT*. 2024. vol. 202. article 116307. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116307.
- 18 Mohanakumar A., Dhenge R., Alinovi M. et al. The effect of natural basil extract on oxidative stability and techno-functional properties of breadsticks. *LWT*. 2025. vol. 227. article 117987. doi: 10.1016/j.lwt.2025.117987.
- 19 Perfilova O.V., Bryksina K.V., Ivanova E.P., Tolstova N.Yu. Influence of Fruit and Vegetable Pastes on Organoleptic Quality Indicators of Rye-Wheat Bread. *Science and Education*. 2022. no. 4. pp. 205–207. (in Russian).
- 20 Maslov A.V., Mingaleeva Z.Sh., Yamashev T.A., Starovoitova O.V. Influence of a Complex Additive on the Color Characteristics of Wheat and Rye-Wheat Bread. *News of Universities. Food Technology*. 2023. no. 4. pp. 45–51. doi: 10.26297/0579-3009.2023.4.8 (in Russian).
- 21 Pokuah A.A., Atuna R.A., Akabanda F., Amagloh F.K. Enrichment of bread with soymilk using response surface methodology. *Food Chemistry Advances*. 2024. vol. 4. article 100570. doi: 10.1016/j.focha.2023.100570.
- 22 Nilova L.P., Malyutenkova S.M. The Use of Mesquite Powder in the Production of Gluten-Free Cookies. *XXI Century: Results of the Past and Problems of the Present Plus*. 2023. vol. 12. no. 4. pp. 154–159. (in Russian).
- 23 Penalver R., Nieto G. Developing a functional gluten-free sourdough bread by incorporating quinoa, amaranth, rice and spirulina. *LWT*. 2024. vol. 201. article 116162. doi: 10.1016/j.lwt.2024.116162.
- 24 Tok Ö., Tuncel N.B. The effect of microwave-assisted hydrothermal treatment on physicochemical and functional properties of wheat, barley, and rye flours. *Journal of Cereal Science*. 2024. vol. 117. article 103925. doi: 10.1016/j.jcs.2024.103925.

25 Khuzin F.K., Yamashev T.A., Kanarsky A.V., Gematdinova V.M. Influence of the Baking Method and Recipe Composition of Bakery Products on the Color Characteristics of Their Surface. *Khleboпродукты*. 2020. no. 1. pp. 56–59. doi: 10.32462/0235-2508-2020-29-1-56-59 (in Russian).

26 Pechnikova Yu.Yu., Chernykh V.Ya. Assessment of the Uniformity of the Temperature Field of the Baking Chamber of the PPE-800P-1 Oven. In: *Polandov Readings: Collection of Materials of the VII International Scientific and Practical Youth Conference*. Moscow: FSBSI RIHP, 2025. pp. 147–152. (in Russian).

Сведения об авторах

Лариса В. Зайцева д.т.н., главный научный сотрудник, центр реологии пищевых сред, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, l.zaitceva@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8176-1650>

Денис Ю. Сотченко младший научный сотрудник, центр реологии пищевых сред, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, d.sotchenko@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-3337-8060>

Александр Ю. Игнатов инженер, центр реологии пищевых сред, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, a.ignatov@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-0101-9258>

Юлия Ю. Печникова младший научный сотрудник, центр реологии пищевых сред, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, yu.pechnikova@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9039-7368>

Хачатур А. Балуян к.т.н., старший научный сотрудник, центр реологии пищевых сред, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, kh.baluyan@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3011-8846>

Владимир В. Мартиросян д.т.н., заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, Б. Черкизовская ул., 26А, г. Москва, 107553, Россия, v.martirosyan@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4026-5789>

Вклад авторов

Лариса В. Зайцева обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись и сделала заключение о проделанной работе

Денис Ю. Сотченко провёл анализ и статистическую обработку полученных результатов

Александр Ю. Игнатов провёл эксперимент по анализу цветовых характеристик хлебобулочных изделий

Юлия Ю. Печникова провела эксперимент по выпечке хлебобулочных изделий

Хачатур А. Балуян предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Владимир В. Мартиросян корректировал рукопись до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Larisa V. Zaytseva Dr. Sci. (Engin.), chief researcher, center for food rheology, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, l.zaitceva@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8176-1650>

Denis Yu. Sotchenko junior researcher, center for food rheology, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, d.sotchenko@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-3337-8060>

Aleksandr Yu. Ignatov engineer, center for food rheology, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, a.ignatov@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0009-0006-0101-9258>

Yuliya Yu. Pechnikova junior researcher, center for food rheology, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, yu.pechnikova@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9039-7368>

Khachatur A. Baluyan Cand. Sci. (Engin.), senior researcher, center for food rheology, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, kh.baluyan@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3011-8846>

Vladimir V. Martirosyan Dr. Sci. (Engin.), deputy director for researches, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, B. Cherkizovskaya str., Moscow, 107553, Russia, v.martirosyan@gosniihp.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4026-5789>

Contribution

Larisa V. Zaytseva review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript and prepared a conclusion

Denis Yu. Sotchenko analyzed and statistically processed the results

Aleksandr Yu. Ignatov conducted an experiment on analyzing the color characteristics of bakery products

Yuliya Yu. Pechnikova conducted an experiment on baking bakery products

Khachatur A. Baluyan proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Vladimir V. Martirosyan correct the manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 14/01/2026	После редакции 02/02/2026	Принята в печать 02/03/2027
Received 14/01/2026	Accepted in revised 02/02/2026	Accepted 02/03/2027