

## СРАВНЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЖАРКИ И ХОЛОСТОГО НАГРЕВА НА ПОКАЗАТЕЛИ ЦВЕТА КАРТОФЕЛЯ-ФРИ И ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ЖАРКИ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

I.A. Gaisin

## COMPARISON OF THE INFLUENCE OF FRYING AND IDLING ON COLOR INDICATORS OF FRENCH FRIES AND SUNFLOWER OIL USED FOR FRYING

**Гайсин И.А.** – асп., ст. преп. каф. высокоэнергетических процессов и агрегатов Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны. E-mail: azpirin123z@yandex.ru

**Gaysin I.A.** – Post-Graduate Student, Senior Lecturer, Chair of High-Energy Processes and Units, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan (Volga) Federal University, Naberezhnye Chelny. E-mail: azpirin123z@yandex.ru

Цвет – индикатор, используемый в пищевой промышленности для быстрого контроля качества масла для жарки. Цель исследования – изучение влияния деградации подсолнечного масла при жарке и холостом нагреве на его цветовые характеристики и качество как используемого для жарки масла, так и конечного продукта. Показано, что, если  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  – показатели цвета конечного продукта практически не зависят от того, велась ли на масле постоянная жарка продукта или шел его холостой нагрев, то  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  – показатели цвета используемого для жарки продукта масла в этих вариантах опыта к концу эксперимента значительно различались. При этом интегральный показатель цвета  $\Delta E$  для холостого нагрева масла вначале был ниже, а после 30 жарок (10-й день эксперимента) становился выше, чем этот показатель для масла, используемого для жарки продукта. При этом к 10-му дню эксперимента у масла, подвергавшегося холостому нагреву, было отмечено также появление специфического запаха и привкуса, отсутствующих на этой стадии эксперимента у используемого для жарки продукта масла. Таким образом, кроме изменений в составе масла, происходящих при жарке вследствие термоокисления и пиролиза, при холостом нагреве масло подвергается и другим физико-химическим воздействиям, оказывающим влияние на его характеристики, которые начинают преобладать после использования масла в ходе 20 жарок. Сделан вывод, что для сравнения качества масла в ходе жарки целесообразно вместо значения светлости масла  $L$  использовать интегральный показатель  $\Delta E$ , включающий в себя все цветовые характеристики.

**Ключевые слова:** жарка, масло для жарки, картофель-фри, качество масла, цвет масла.

*Color is the indicator used in food industry for fast quality control of oil for frying. The research objective was studying the influence of degradation of sunflower oil when frying and idling on its color characteristics and the quality both of the oil used for frying and final product. It was shown that if  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  indicators of color of final product practically did not depend on, whether continuous frying of the product was conducted on the oil or if there was single heating,  $L$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  indicators of*

*color of the oil product used for frying in these options of the experiment by the end of the test differed considerably. Thus the integrated indicator of color  $\Delta E$  for single heating of oil was lower in the beginning, and after 30 fryings (the 10th day of the experiment) became higher than this indicator for the oil used for frying of the product. Thus by the 10th day of the experiment in the oil exposed to single heating also the emergence of specific smell and the smack which were missing at this stage of the experiment in the oil product used for frying was noted. Thus, except the changes in the composition of oil taking place when frying owing to thermooxidation and pyrolysis at single heating oil is exposed also to other physical and chemical influences having the impact on its characteristics which start prevailing after using oil during 20 fryings. The conclusion is drawn that for the comparison of quality of oil during frying expediently instead of value of white color of oil  $L$  to use an integrated indicator  $\Delta E$ , including all color characteristics.*

**Keywords:** frying, oil for frying, French fries, oil quality, oil color.

Одним из индикаторов качества как готового продукта, так и используемого для жарки масла является его цвет. Цвет – это субъективный индикатор, используемый в пищевой промышленности для быстрого контроля качества масла для жарки. В целом считается, что потемнение цвета масла происходит тогда, когда пигменты, образующиеся при окислении и термическом разложении жирных кислот, диффундируют в масло во время жарки, а также из-за попадания в него следов каротиноидов [1]. Считается также, что потемнение масла может быть вызвано карамелизированным продуктом [2, 3], что вызывает снижение значения яркости масла ( $L$ ) при его оценке при помощи колориметра Хантера.

В исследованиях, проведенных Тармизи с соавторами [4], масло для обжаривания затемнялось сильнее в том случае, когда обжаривание проводилось на образцах масла, исходно имеющих более низкие значения яркости ( $L$ ) и более высокую степень покраснения ( $a^*$ ) и желтизны ( $b^*$ ) при его оценке при помощи колориметра Хантера. Кроме того, авторы работы заметили, что общая цветовая разница, которая сочетает значения яркости ( $L$ ), по-

краснения ( $a^*$ ) и желтизны ( $b^*$ ), повышается с увеличением продолжительности жарки.

Ряд авторов отмечают [4, 5], что развитие интенсивности цвета в масле при обжаривании на воздухе было на 67 % выше, чем при обжаривании, выполненном под защитным слоем из углекислого газа, в то время как масло, использованное в ходе вакуумного обжаривания, содержало наименьшее количество цветных пигментов. Нор с соавторами также сообщают о потемнении со временем образцов масла, использованных для жарки, по сравнению с контролем [6]. По их мнению, темный цвет является следствием окисления самих фенольных антиоксидантов при нагревании.

В предварительных исследованиях, проведенных Сулиманом с соавторами [7], по сравнению антиоксидантных характеристик и изучению физико-химических характеристик растительных масел при обжаривании картофеля фри было установлено, что все образцы масла в течение периода жарки постепенно затемнялись. При этом цветовая ценность растительных масел возрастала с увеличением числа циклов жарки. По мнению авторов, это было связано с миграцией в масла коричневых пигментов из жареных продуктов. Также возможно влияние на этот процесс комбинированных результатов окисления и полимеризации ненасыщенных жирных кислот в среде обжаривания [8]. Для трех разных растительных масел было показано, что чем выше в них содержание линоленовой кислоты, тем темнее их конечный цвет. Было также отмечено, что усиление цвета пальмового масла во время жарки происходило быстрее, чем в других маслах. Тем не менее, исследования показали, что, хотя пальмовое масло может вначале иметь более высокий цветовой индекс и быстрее темнеть в ходе жарки, это не влияет на цвет жареных продуктов [9]. К тому же можно считать, что потемнение масла в ходе жарки является полезным индикатором, поскольку оно препятствует постоянному использованию пищевых масел, которые иначе подверглись бы в его процессе чрезмерному ухудшению. В то же время, поскольку в основном изучение этих процессов проводилось с использованием пальмового масла, для других видов масел они изучены недостаточно.

**Цель исследования:** изучение влияния деградации подсолнечного масла в ходе жарки и холостого нагрева на его цветовые характеристики и качество конечного продукта. Для решения поставленной цели было необходимо решить следующие **задачи:** 1) изучить динамику влияния деградации масла на изменение цвета конечного продукта при фиксированной продолжительности жарки и 2) изучить динамику влияния деградации масла на изменение его цвета как в процессе жарки, так и при холостом нагреве.

#### Материалы и методы исследования

**Подготовка образцов.** В качестве исходных материалов были использованы клубни картофеля (сорт Спунта, поставщик ООО «БигТайм») и подсолнечное масло (Россия, ООО «Аквилон», рафинированное, дезодорирован-

ное, вымороженное, высший сорт). Перед этим клубни картофеля хранились при 4 °С и относительной влажности 95 %. Клубни картофеля нарезались на кусочки размером 10×10×60 мм и для жарки формировались образцы равного веса (250 г). После нарезки образцы просушивались от излишней влаги при помощи бумажных полотенец.

**Условия жарки.** Для выполнения операции жарки была использована домашняя фритюрница (PolarisPDF0901, Китай) мощностью 870 Вт с точностью контроля температуры масла  $\pm 1$  °С при помощи встроенного термостата. Для интенсификации деградации масла был использован высокий уровень нагрузки, который составлял 4:1. В ходе первой части эксперимента фритюрница заполнялась подсолнечным маслом и разогревалась до температуры жарки (180 °С). Образцы помещались в металлическую корзину так, чтобы в процессе жарки они полностью были покрыты маслом, но в то же время не всплывали и подвергались жарке в течение 11 минут по секундомеру. После каждой жарки уровень масла во фритюрнице проверялся, в случае необходимости доливался небольшой объем масла. Ежедневно проводилось 3 жарки, в целом продолжавшихся 1 ч. Все эксперименты по жарке продукта проводились в трех повторностях и для полученных величин рассчитывались среднее и стандартное.

Во второй части эксперимента 1 л подсолнечного масла эквивалентное время подвергался нагреву до 180 °С без жарки в нем продукта. После окончания первой части эксперимента и окончательной деградации масла во фритюрнице, масло из нее сливалось, и в нее заливалось масло, которое подвергалось нагреву без жарки в нем продукта в ходе второй части эксперимента.

**Определение цвета образца продукта и масла.** Определение цвета образцов продукта и масла после жарки проводилось в соответствии с рекомендациями Hunter Lab Color Space [10]. Определение цвета образцов проводилось по методике, приведенной в [11]. Образцы продукта для анализа фотографировались на белом фоне с использованием белого фарфора как стандарта ( $L = 92,89$ ;  $a = 1,05$ ;  $b = 0,82$ ). Жареный образец продукта выкладывался на тарелку, масло для фотографирования наливалось в прозрачный пластиковый стакан слоем толщиной 100 мм. Фотографии, сделанные цифровой камерой, переносились на компьютер, после этого корректировались (автоматическая коррекция баланса белого) с использованием компьютерной программы редактора изображений «Photo Scape».

Далее изображения анализировались при помощи компьютерной программы анализа изображений Image J (NIH, USA). Область, занятая продуктом на фотографии, вычленялась, и для нее определялись средние значения RGB цветов для всех точек выделенного участка изображения [12]. Конвертация RGB цвета в схему Lab для дальнейшего анализа проводилась при помощи онлайн-конвертера Convert Rgb to Lab [13]. При этом  $L^*$  показывала степень светлоты или темноты образца и менялась

от 0 (черный) до 100 (белый),  $a^*$  показывал степень перехода от красноты (+) до зелени (-) в то время, как  $b^*$  показывал степень перехода от желтизны (+) до синевы (-) соответственно [14].

Кинетика развития окраски продукта к концу жарки при различных температурах соответствует параметру общей цветовой разницы ( $\Delta E$ ), которая рассчитывается в соответствии с [15]. В связи с этим окраска продукта (как готового картофеля-фри, так и использованного для его жарки масла [16]) и использовалась в качестве критерия его качества.

С целью градуировки окраски готового продукта и привязки его качества к его окраске в качестве образца были использованы данные Vaardseth с соавторами [17]. Приведенные в упомянутой работе фотографии недожаренных, качественно прожаренных и пережаренных образцов картофеля-фри были подвергнуты анализу по приведенной выше методике.

После этого полученные значения для  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  образцов разной степени прожаренности были проанализированы и принята следующая их градация:

- для  $L^*$ :  $L^* < 30$  – пережаренный;  $30 < L^* < 55$  – качественно прожаренный;  $55 < L^*$  – непрожаренный;
- для  $a^*$ :  $a^* < 10$  – непрожаренный;  $10 < a^* < 25$  – качественно прожаренный;  $25 < a^*$  – пережаренный;
- для  $b^*$ :  $b^* < 30$  – пережаренный;  $30 < b^* < 50$  – качественно прожаренный;  $50 < b^*$  – непрожаренный.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для оценки применимости приведенной выше модели и результатов численного моделирования было проведено сравнение температурных профилей образцов продукта (картофель фри) и оценки их качества по результатам  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  тестов цветности, полученных в ходе эксперимента по жарке, с результатами численного моделирования.

В ходе эксперимента показатели цветности изменялись следующим образом: показатель светлости ( $L^*$ ) – вначале рост с 35 до 65 единиц, а затем снижение до приблизительно 40 единиц; показатель красноты ( $a^*$ ) – вначале падение с 15 до 5, а затем рост до 15–20 единиц; показатель желтизны ( $b^*$ ) – вначале рост с 30 до 60, а затем снижение с 60 до 45 единиц (рис. 1, А, Б, В).

Для решения вопроса, влияет ли на такое поведение развития окраски только деградация масла вследствие нагрева, или на него оказывает влияние также и сам процесс жарки (взаимодействие масла с продуктом и выделяющимся из него водяным паром), было проведено сравнение двух режимов эксперимента – ежедневной жарки с помещением в масло продукта и просто нагрева масла до такой же температуры на эквивалентный промежуток времени и жарки продукта в нем только в определенных контрольных точках времени (рис. 1). В ходе этого эксперимента было установлено, что если в контрольных точках 1 ч (3 жарки), 6 ч (18 жарок) и 10 ч (30 жарок) показатели цвета продукта ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) отличались

друг от друга в обоих вариантах эксперимента незначительно, то в контрольной точке 14 ч (42 жарки) показатели цветности этих вариантов отличались уже в большей степени. Особенно заметно это различие между вариантами по значению показателя  $a^*$  (12,2 у картофеля, прожаренного в масле, подвергнувшегося до этого только нагреву, против 15,6 у картофеля, прожаренного в масле, в котором жарка до этого проводилась постоянно).

Анализ интегрального показателя качества продукта  $\Delta E$  показал, что его изменение при постоянной жарке на одном и том же масле на протяжении первых 7 дней носило практически линейный характер (рис. 2, Г). При этом  $\Delta E$  для контрольных точек 6 ч и 10 ч для обоих вариантов эксперимента практически полностью совпадали. Значительные различия между ними регистрировались только в контрольной точке 14 ч, когда продукт, жаримый в масле, подвергнутом до этого только нагреву, был визуально даже менее насыщенно окрашен по сравнению с продуктом, жаримым на ежедневно используемом для этого масле (рис. 1, Г).

При этом необходимо отметить, что после 7 ч жарки интегральный показатель качества продукта  $\Delta E$  для продукта, жаримого на ежедневно используемом для этого масле, резко возвращался к значениям, характерным для первых дней эксперимента. При этом в контрольной точке 10 ч значения  $\Delta E$  для продукта в обоих вариантах эксперимента совпадали, несмотря на то, что значения  $\Delta E$  для продукта испытывали довольно значительные колебания с периодом около 3 ч. (9 циклов) жарки.

Необходимо также отметить, что, несмотря на отсутствие значительных различий в окраске между вариантами продукта в контрольной точке 10 ч, в ходе самого процесса жарки между вариантами были установлены определенные различия. Прежде всего, в процессе жарки были зафиксированы значительные различия между ними в количестве образования пены в ходе жарки. До 14 ч жарки продукта в масле, в котором жарка проводилась постоянно, после первоначального активного вскипания пена интенсивно образовывалась только в границах корзины с продуктом, находящейся в центре фритюрницы. При этом пузырьки были достаточно мелкие, а сама пена – достаточно нестойкая, т. е. после доставания корзины с продуктом из фритюрницы она быстро оседала. В то же время при жарке в масле, подвергнувшемся до этого только нагреву, уже к 6-му дню эксперимента при жарке образующаяся в ее ходе пена «шапкой» закрывала всю поверхность масла во фритюрнице, причем пузырьки у пены были крупнее, а сама пена – намного более стойкая. Менялись и такие органолептические показатели масла, как запах и вкус. Вследствие обнаружения таких различий между этими вариантами эксперимента, было проведено сравнение цветовых характеристик образцов масла, отбираемых в его ходе после каждого часа жарки (т. е. после каждых трех жарок) (рис. 2).

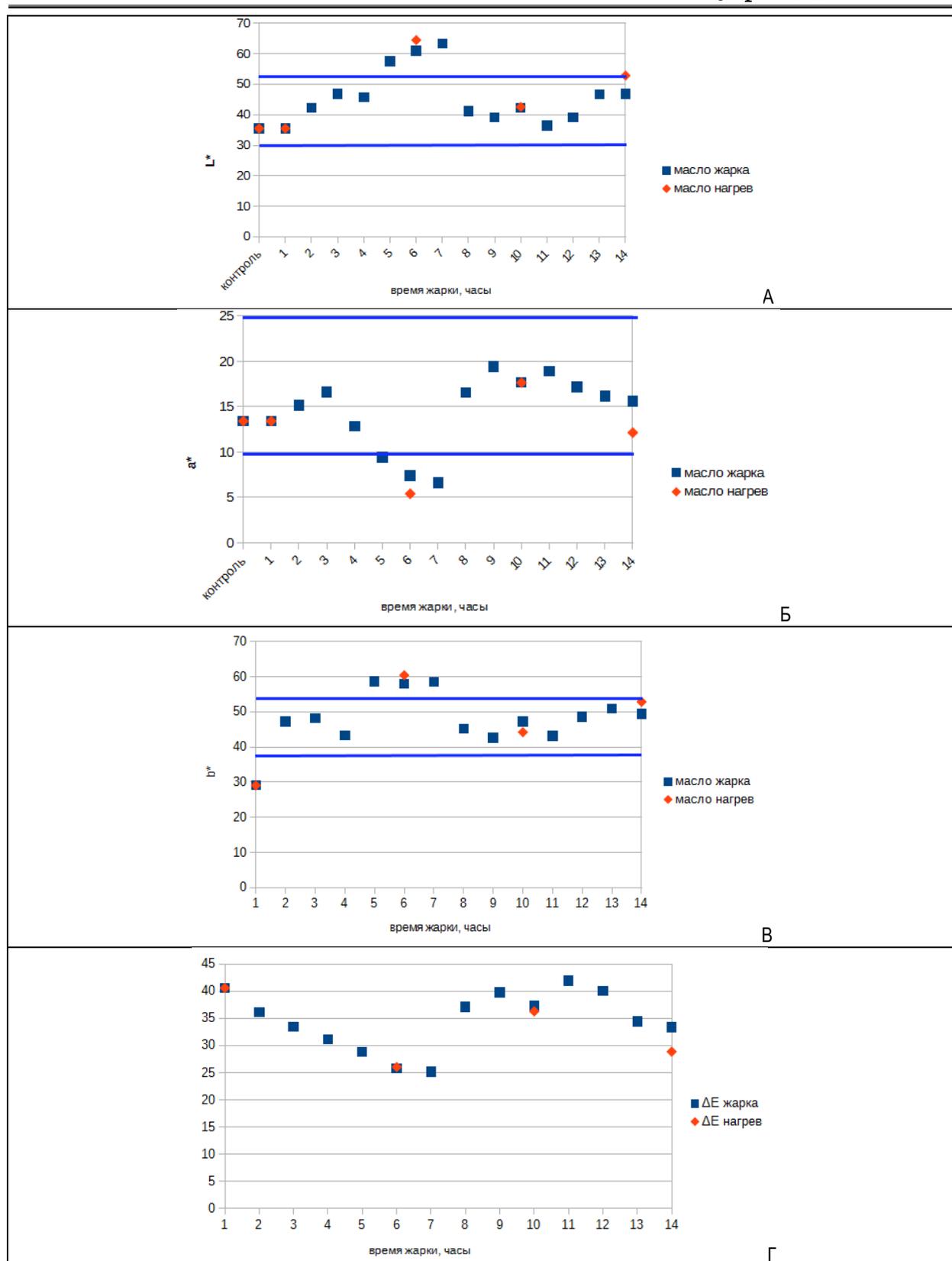


Рис. 1. Цвет образцов продукта после ежедневной жарки в течение 11 мин в деградирующем масле (■) и в масле, нагреваемом эквивалентное время без жарки в нем продукта (◆): А – изменение показателя  $L^*$ ; Б – изменение показателя  $a^*$ ; В – изменение показателя  $b^*$ ; Г – изменение интегрального показателя качества продукта  $\Delta E$ . (\*Горизонтальные линии синего цвета показывают границы значений для качественного продукта. Приводится среднее значение для трех жарок)

Как видно из рисунка 2, А, показатели светлости масла ( $L^*$ ) в обоих вариантах эксперимента менялись незначительно, некоторое снижение отмечалось только после 10-го ч эксперимента. Показатель желтизны масла ( $b^*$ ) в целом к концу эксперимента также не менялся по сравнению с его началом, однако в промежутке между 1-м и 5-м ч эксперимента в вариантах отмечались значительные расхождения, нивелирующиеся впоследствии (рис. 2, Б). В то же время при анализе изменения показателя  $a^*$  (степени красноты масла) между вариантами были выявлены существенные отличия. Прежде всего, степень красноты масла, на котором ежедневно жарили, была приблизительно на 5 единиц выше, чем степень красноты масла, которое подвергалось исключительно нагреву. Кроме того, это различие после 11-го ч эксперимента начинало увеличиваться, и к концу достигало 15 единиц.

Кроме того, если показатели  $L^*$  и  $b^*$  в целом в ходе эксперимента находились приблизительно на одном уровне, то показатель степени красноты масла  $a^*$  в 1-2-м ч эксперимента (до 6 жарок) был выше, чем в контрольном образце, не подвергавшемся нагреву, затем, в 3-6-й ч эксперимента (6–18 жарок) был ниже, чем у контрольного образца, и только начиная с 7-го ч эксперимента (после

18 жарок) его значение превышало таковое у контроля и росло вплоть до конца эксперимента у обоих вариантов.

Интересно отметить, что приблизительно с этого момента времени начинали детектироваться и другие различия между вариантами эксперимента – как изменения в характере пенообразования, так и появление специфического запаха у масла, подвергнутого исключительно нагреву.

В то же время характер изменений интегрального показателя окраски  $\Delta E$  для масла, использованного как для жарки, так и для нагрева, значительно отличался от такового для продукта (картофеля-фри) (рис. 2, Г).

На протяжении первых 5 ч эксперимента  $\Delta E$  для масла, использованного для жарки, снижалось. Первые 3 ч этот показатель снижался медленно, затем до 5-го ч его изменение значительно ускорилось. С 5-го по 8-й ч эксперимента отмечались минимальные значения  $\Delta E$  для масла в этом варианте эксперимента (в 2–2,5 раза ниже, чем в первый день эксперимента). Переломной точкой можно считать 8-й ч эксперимента, после которого значение  $\Delta E$  для масла, использованного для жарки, начинало расти и росло до конца эксперимента.

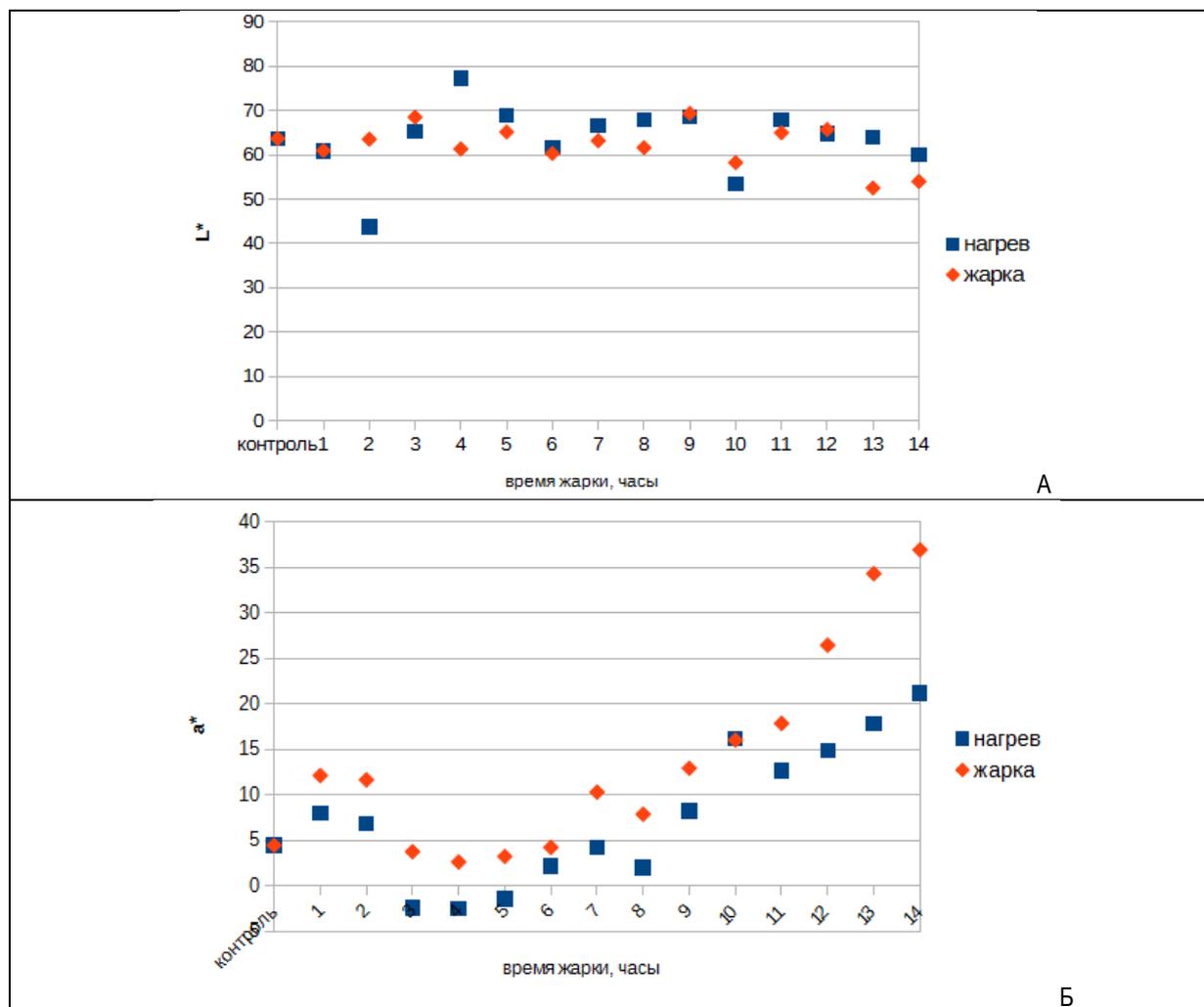
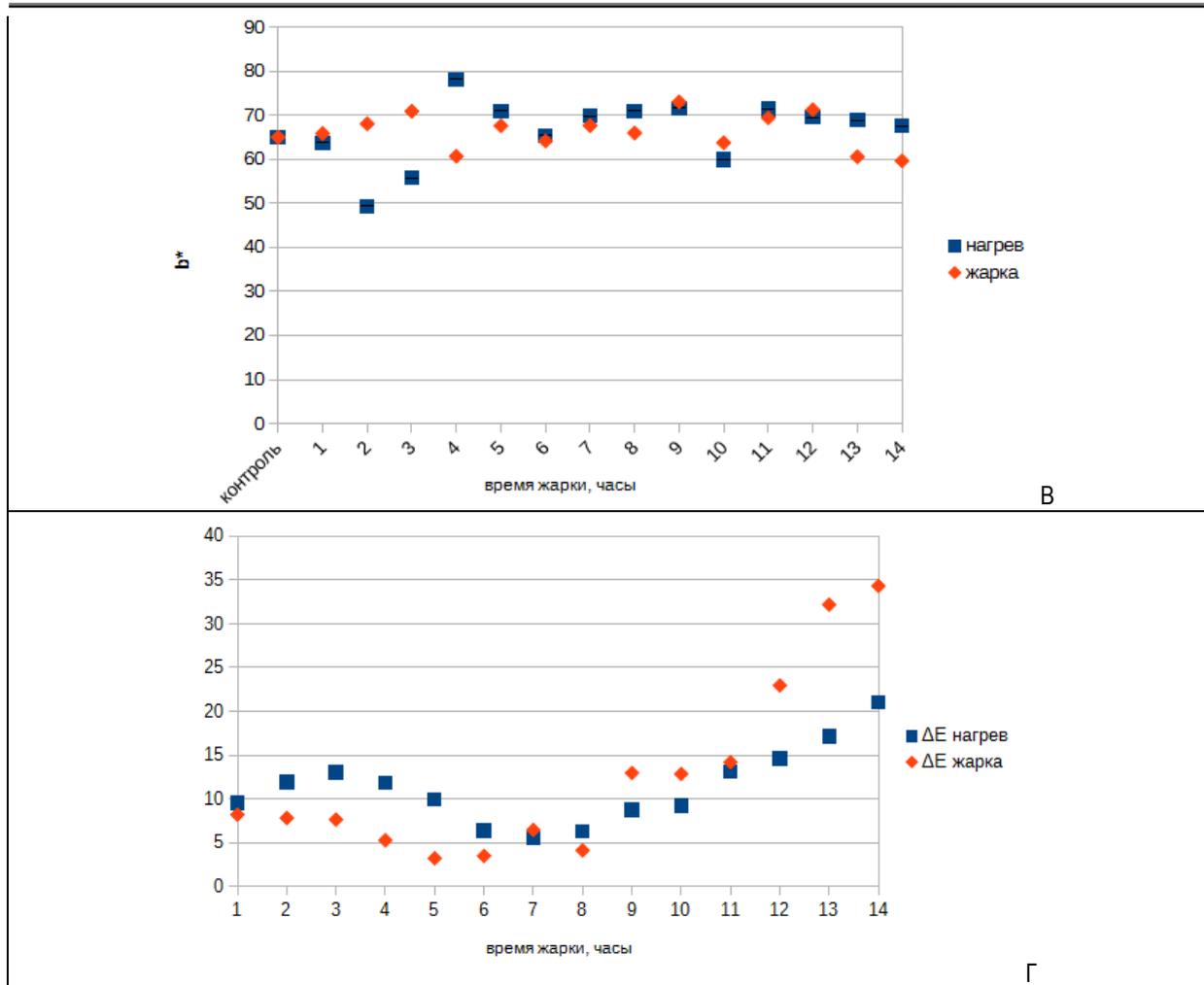


Рис. 2. Цветовые характеристики образцов масла после ежедневной жарки в течение трех циклов по 11 минут (◆) и масла, нагреваемого эквивалентное время без жарки в нем продукта (■): А – изменение показателя  $L^*$ ; Б – изменение показателя  $a^*$ ; В – изменение показателя  $b^*$ ; Г – изменение интегрального показателя качества использованного для жарки масла  $\Delta E$



Окончание рис. 2

Для масла, подвергнутого только нагреву, в первые 3 ч эксперимента отмечался рост ΔE в 1,4 раза, который в дальнейшем сменялся снижением этого показателя до минимальных значений (около 0,5 от значений 1-го ч эксперимента) на 7-й ч эксперимента. Начиная с 8-го ч эксперимента значение ΔE для обоих видов масла начало расти вплоть до конца эксперимента. В то же время необходимо отметить, что этот рост происходил медленнее, чем для масла, использованного для жарки (рис. 2, Г), хотя на 9-й – 10-й ч эксперимента было отмечено плато, аналогичное наблюдаемому во втором варианте эксперимента.

Если же принять во внимание изменение запаха нагреваемого масла и изменение характера его вспенивания в ходе жарки, отсутствующие у масла, на котором проводилась полноценная жарка, то можно предположить, что, в дополнение к происходящим при его нагреве изменениям вследствие термоокисления и пиролиза, в процессе жарки масло подвергается и другим воздействиям, оказывающим влияние на его характеристики. Эти воздействия, по-видимому, начинают превалировать при использовании подсолнечного масла более 8–11 часов, вследствие чего ΔE для масла, используемого для жарки, становится выше, чем ΔE для масла, подвергнутого исключительно нагреву.

**Выводы.** Для сравнения качества масла в ходе жарки представляется целесообразным вместо значения светлости масла  $L^*$  использовать интегральный показатель ΔE, который включает в себя все цветовые характеристики. Использование этого интегрального показателя позволяет контролировать как качество используемого для жарки масла, так и качество получаемого в ходе жарки продукта.

#### Литература

1. *Lalas S., Gortzi O., Tsaknis J.* Frying stability of *Moringa stenopetala* seed oil // *Plant Foods for Human Nutrition.* – 2006. – V. 61(2). – P. 99–108.
2. *Jiang B., Liu Y.T., Bhandari B., Zhou W.B.* Impact of caramelization on the glass transition temperature of several caramelized sugars. Part 1: Chemical analyses // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – V. 56. – P. 5148–5152.
3. *Maskan M.* Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil // *European Food Research and Technology.* – 2003. – V. 218 (1). – P. 20–25.
4. *Tarmizi A.H., Niranjana K., Gordon M.* Physicochemical changes occurring in oil when atmospheric frying is

- combined with post frying vacuum application // *Food Chemistry*. – 2012. – V. 136. – P. 902–908.
5. Aladedunye F., Przybylski R. Protecting oil during frying: A comparative study // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2009. – V. 111 (9). – P. 893–901.
  6. Nor F.M., Mohammed S., IdrisIsmail N.A.R. Antioxidative properties of Pandanus amaryllifolicus leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies // *Food Chemistry*. – 2008. – V. 110. – P. 319–327.
  7. Sulieman M.E., El-Makhzangi A., Ramadan M.F. Antiradical performance and physicochemical characteristics of vegetable oils upon frying French fries: A preliminary comparative study // *Journal of Food Lipids*. – 2006. – V. 13 (3). – P. 259–276.
  8. Irwandi J., Cheman Y.B. Effect of rosemary and sage extract on frying performance of RBD palm olein during deep fat frying // *Food Chemistry*. – 2000. – V. 69. – P. 301–308.
  9. Razali I., Fauziah A., Nor A.I.N.I.S. Quality of potato chips fried in palm olein and high oleic sunflower oil during batch frying // *Proceedings of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress*. – 1999. – P. 99–103.
  10. Sahin S., Sumnu S.G. *Physical Properties of Foods* // Springer Science+Business Media. New York. – 2006. – 257 p.
  11. Saldaña E., Siche R., Huamán R. et al. Computer vision system in real-time for color determination on flat surface food // *Scientia Agropecuaria*. – 2013. – V. 4. – P. 55–63.
  12. Brosnan T., Sun D.W. Improving quality inspection of food products by computer vision – A review // *Journal of Food Engineering*. – 2004. – V. 61. – P. 3–16.
  13. ConvertRgbtoLab [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://colormine.org/convert/rgb-to-lab>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 14.07.2017).
  14. Moyano P.C., Rioseco V.K., González P.A. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries // *Journal of Food Engineering*. – 2002. – V. 54. – P. 249–255.
  15. Abdollahi Moghaddam M.R., Rafe A., Taghizadeh M. Kinetics of color and physical attributes of cookie during deep-fat frying by image processing techniques // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2015. – V. 39 (1). – P. 91–99.
  16. Sunisa W., Worapong U., Sunisa S. et al. Quality changes of chicken frying oil as affected of frying conditions // *International Food Research Journal*. – 2011. – V. 18. – P. 615–620.
  17. Baardseth P., Blom H., Skrede G. et al. Lactic Acid Fermentation Reduces Acrylamide Formation and Other Maillard Reactions in French Fries // *Journal of Food Science*. – 2006. – V. 71 (1). – P. 28–33.
  - several caramelized sugars. Part 1: Chemical analyses // *J. Agric. Food Chem.* – 2008. – V. 56. – P. 5148–5152.
  3. Maskan M. Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil // *European Food Research and Technology*. – 2003. – V. 218 (1). – P. 20–25.
  4. Tarmizi A.H., Niranjana K., Gordon M. Physicochemical changes occurring in oil when atmospheric frying is combined with post frying vacuum application // *Food Chemistry*. – 2012. – V. 136. – P. 902–908.
  5. Aladedunye F., Przybylski R. Protecting oil during frying: A comparative study // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2009. – V. 111 (9). – P. 893–901.
  6. Nor F.M., Mohammed S., IdrisIsmail N.A.R. Antioxidative properties of Pandanus amaryllifolicus leaf extracts in accelerated oxidation and deep frying studies // *Food Chemistry*. – 2008. – V. 110. – P. 319–327.
  7. Sulieman M.E., El-Makhzangi A., Ramadan M.F. Antiradical performance and physicochemical characteristics of vegetable oils upon frying French fries: A preliminary comparative study // *Journal of Food Lipids*. – 2006. – V. 13 (3). – P. 259–276.
  8. Irwandi J., Cheman Y.B. Effect of rosemary and sage extract on frying performance of RBD palm olein during deep fat frying // *Food Chemistry*. – 2000. – V. 69. – P. 301–308.
  9. Razali I., Fauziah A., Nor A.I.N.I.S. Quality of potato chips fried in palm olein and high oleic sunflower oil during batch frying // *Proceedings of the 1999 PORIM International Palm Oil Congress*. – 1999. – P. 99–103.
  10. Sahin S., Sumnu S.G. *Physical Properties of Foods* // Springer Science+Business Media. New York. – 2006. – 257 p.
  11. Saldaña E., Siche R., Huamán R. et al. Computer vision system in real-time for color determination on flat surface food // *Scientia Agropecuaria*. – 2013. – V. 4. – P. 55–63.
  12. Brosnan T., Sun D.W. Improving quality inspection of food products by computer vision – A review // *Journal of Food Engineering*. – 2004. – V. 61. – P. 3–16.
  13. ConvertRgbtoLab [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://colormine.org/convert/rgb-to-lab>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 14.07.2017).
  14. Moyano P.C., Rioseco V.K., González P.A. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries // *Journal of Food Engineering*. – 2002. – V. 54. – P. 249–255.
  15. Abdollahi Moghaddam M.R., Rafe A., Taghizadeh M. Kinetics of color and physical attributes of cookie during deep-fat frying by image processing techniques // *Journal of Food Processing and Preservation*. – 2015. – V. 39 (1). – P. 91–99.
  16. Sunisa W., Worapong U., Sunisa S. et al. Quality changes of chicken frying oil as affected of frying conditions // *International Food Research Journal*. – 2011. – V. 18. – P. 615–620.
  17. Baardseth P., Blom H., Skrede G. et al. Lactic Acid Fermentation Reduces Acrylamide Formation and Other Maillard Reactions in French Fries // *Journal of Food Science*. – 2006. – V. 71 (1). – P. 28–33.

#### Literatura

1. Lalas S., Gortzi O., Tsaknis J. Frying stability of Moringa stenopetala seed oil // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2006. – V. 61(2). – P. 99–108.
2. Jiang B., Liu Y.T., Bhandari B., Zhou W.B. Impact of caramelization on the glass transition temperature of