

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

А. Н. Никитенко, С. А. Ламоткин, М. И. Леснева, А. В. Стрибуть, В. О. Мартинчик,  
Г. Н. Ильина, Белорусский государственный технологический университет

Одним из способов повышения биологической ценности жирового продукта является оптимизация его жирнокислотного состава по содержанию и соотношению полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) [2]. Роль ПНЖК в жизнедеятельности организма определяется участием в качестве структурных элементов биологических мембран клеток в регулировании кровяного давления, обмена веществ, агрегации тромбоцитов. Также ПНЖК влияют на обмен холестерина, стимулируя его окисление и выделение из организма, оказывают действие на стенки кровеносных сосудов, участвуют в метаболизме витаминов группы В, стимулируют защитные механизмы и устойчивость к инфекционным заболеваниям и другим повреждающим факторам. Особенно важной является роль ПНЖК в начале синтеза ряда высокоактивных соединений: простагландинов, тромбоксанов, лейкотриенов, липоксина, протектинов [3–5].

Научно доказанным фактом считается отрицательное влияние избытка ПНЖК в рационе человека: жирные кислоты семейства арахидиновой кислоты (C20:4,  $\omega$ -6) подавляют синтез кислоты другого семейства – эйкозапентаеновой (C20:5,  $\omega$ -3). Кроме того, повышенное содержание жирных кислот увеличивает риск возникновения воспалительных процессов в сосудах, сердечно-сосудистых заболеваний, бронхиальной астмы, аллергических ринитов [6].

Согласно «Требованиям к потреблению пищевых веществ и энергии для различных групп населения Республики Беларусь», содержание ПНЖК в рационе должно составлять 5–10 % от калорийности суточного рациона [7]. ГУ НИИ питания РАМН считает оптимальным в суточном рационе взрослого человека соотношение  $\omega$ -6 :  $\omega$ -3 жирных кис-

лот 10 : 1. В случаях патологии липидного обмена рекомендуемое соотношение данных ПНЖК может быть (3–5) : 1 [8].

Анализ статуса и особенностей питания современного человека позволяет сделать вывод о том, что в среднем соотношение  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 жирных кислот в рационе составляет от 10 : 1 до 30 : 1. Таким образом, существует вероятность постоянного дефицита ПНЖК семейства  $\omega$ -3.

Результаты исследований жирнокислотного состава природных масел на протяжении ряда лет указывают на отсутствие идеального масла, обеспечивающего поступление в организм человека необходимых жирных кислот в нужном количестве и правильном соотношении [9]. Одним из способов решения проблемы нехватки физиологических функциональных ингредиентов в питании человека является создание купажированных растительных масел с требуемым соотношением  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот [9].

Исследования ряда авторов указывают на то, что наиболее распространенными для составления купажей являются подсолнечное, рапсовое и кукурузное масла, в которых отмечено высокое содержание  $\omega$ -6

жирных кислот [9–11]. Несмотря на специфический вкус, широкое применение в качестве источника  $\omega$ -3 кислот получили льняное и рыжиковое масла [12, 13].

Поскольку на безопасность пищевых продуктов воздействует ряд технологических параметров (температура, состав среды и др.), целью данной работы было изучение влияния температурного воздействия на окисление купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом в условиях инертной среды и в присутствии кислорода воздуха.

В качестве базовых для составления купажей были использованы масла, произведенные в Республике Беларусь: подсолнечное (рафинированное дезодорированное высшего сорта), кукурузное (рафинированное дезодорированное). Также для создания купажей применяли льняное (нерафинированное высшего сорта), рыжиковое (нерафинированное пищевое) масла с высоким содержанием  $\alpha$ -линоленовой кислоты [9].

В растительных маслах и их купажах исследовали:

- жирнокислотный состав методом газо-жидкостной хроматографии на приборе «Хроматэк Кристалл

Таблица 1. Жирнокислотный состав растительных масел и их купажей

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, мас. %					
	Кукурузное масло	Льняное масло	Рыжиковое масло	Кукурузно-льняной купаж	Кукурузно-рыжиковый купаж	Подсолнечно-рыжиковый купаж
Гексадекановая (пальмитиновая) C16:0	3,6	5,8	5,6	7,2	5,3	6,0
Октадекановая (стеариновая) C18:0	1,4	2,6	3,3	1,7	2,0	3,0
Октадеценная (олеиновая) C18:1	34,0	20,0	18,0	30,0	30,4	25,2
Октадекадиеновая (линолевая) C18:2	52,0	22,0	24,0	51,0	49,0	55,0
Октадекатриеновая (линоленовая) C18:3 $\alpha$	3,0	47,0	37,7	5,6	6,9	5,5
Докозеновая кислота (эруковая) C22:1	-	-	2,1	0,1	0,3	0,2
Неидентифицированные соединения	6,0	2,6	9,3	4,4	6,1	4,8
Соотношение $\omega$ -6 : $\omega$ -3	17 : 1	1 : 2,1	1 : 1,5	9,1 : 1	7,1 : 1	10 : 1

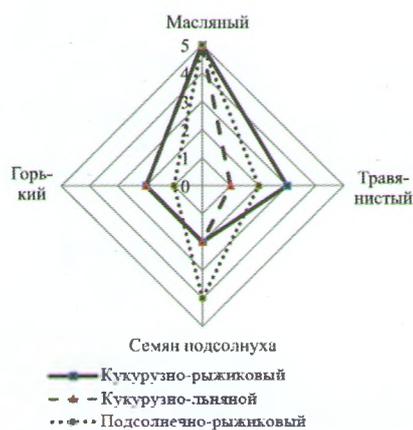


Рис. 1. Профилограмма органолептической оценки запаха купажей растительных масел



Рис. 2. Профилограмма органолептической оценки вкуса купажей растительных масел

- 5000», оснащенном ПИД-детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой – цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель – азот, объем вводимой пробы – 1 мкл по ГОСТ 30418 [14];
- приготовление метиловых эфиров жирных кислот – по ГОСТ 31665 [15]. Начальная температура термостата колонок – 140 °С в течение 4 мин, затем программированный подъем температуры со скоростью 3 °С/мин до 180 °С – изотермический режим на протяжении 40 мин. Далее программированный подъем температуры со скоростью 3 °С/мин до 240 °С – изотермический режим в течение 25 мин. Идентификацию компонентов выполняли с помощью эталонных смесей жирных кислот, по индексам удерживания на основе литературных данных. Количественное определение жирных кислот в исследуемых образцах проводили методом внутренней нормализации с использованием программного обеспечения Unichrome®;
  - органолептические показатели: цвет (в проходящем и отраженном свете на белом фоне), вкус (при 40 °С), запах (при температуре не ниже 50 °С) комиссией в составе четырех обученных дегустаторов по 5-балльной шкале, основываясь на принципах, изложенных в СТБ ИСО 6564, ГОСТ Р 5496 и ГОСТ ISO 11037 [16–18];
  - физико-химические показатели: кислотное число – титриметриче-

ским методом по ГОСТ 31933 [19], перекисное число – по СТБ ГОСТ Р 51487 [20].

Для оценки влияния среды на процессы, протекающие при нагревании купажей масел, образцы подвергали активному аэрированию в стеклянных пробирках азотом и кислородом со скоростью 100 см<sup>3</sup>/мин. Исследование термоокисления купажей проводили при температуре 100 °С в течение 8 ч. Пробы для испытаний отбирали каждые 2 ч. Такой температурный режим был выбран как наиболее характерный для большинства технологических процессов [1, 2, 9].

С учетом существующих рекомендаций [9, 21] перед составлением купажей выполнены исследования жирнокислотного состава растительных масел. Результаты исследований состава жирных кислот приведены в табл. 1.

Как видно из представленных данных (табл. 1), жирнокислотный состав масел в основном представлен пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой кислотами. Результаты газохроматографических исследований показали, что наибольшее количество линолевой кислоты содержится в кукурузном, а линоленовой – в льняном и рыжиковых маслах. Полученные результаты о составе растительных масел коррелируют с известными литературными сведениями [2]. Однако ни одно из изученных масел не соответствовало рекомендациям [8] по соотношению ω-6 к ω-3 жирных кислот.

Поэтому далее был выполнен расчет состава двухкомпонентных купа-

жей масел. Для этого использовалась методика, учитывающая требуемое соотношение ω-6 к ω-3 ПНЖК исходя из их исходного содержания в маслах [9].

Расчет состава купажей показал, что для достижения оптимального соотношения ПНЖК необходимо обеспечить следующее количество масел в купажах: кукурузное и льняное – 95 : 5, кукурузное и рыжиковое – 81,4 : 18,6, подсолнечное и рыжиковое – 86 : 14. Сравнение количественного содержания растительных масел в купажах с данными А.Н. Скорюкина и О.В. Табакаевой [12, 13] показало, что соотношения близки.

При составлении купажей смешивание растительных масел выполняли поэтапно, добавляя каждое из них при скорости вращения мешалки не менее 100 об/мин, температуре 35–40 °С в течение 15 мин.

Приведенные в табл. 1 результаты исследования состава жирных кислот триглицеридов купажей растительных масел свидетельствуют о том, что купажирование растительных масел позволило получить образцы с содержанием линолевой и линоленовой кислот на уровне (53 ± 3) мас. % и (6 ± 1) мас. % соответственно, а также обеспечить соотношение ω-6 и ω-3 жирных кислот, удовлетворяющее рекомендуемому (5–10) : 1 для питания человека [8].

Органолептическая оценка составленных купажей показала, что их цвет, вкус, запах соответствовали требованиям, предъявляемым к растительным маслам. Образцы масел были прозрачными, светло-желтого цвета. Результаты оценки запаха и вкуса купажей растительных масел отражены на рис. 1, 2.

Как видно из профилограмм (рис. 1, 2), травянистый аромат был характерен для подсолнечно-рыжикового купажа, в то время как при оценке вкуса данный дескриптор практически не проявлялся. Горький и травянистый вкус в слабой степени присутствовали в кукурузно-рыжиковом купаже. Термоокисление купажей при температуре 100 °С в различных средах в течение 8 ч практически не повлияло на изменение органолептических показателей.

Также изменение качества купажей растительных масел после нагревания в среде азота и в присутствии кислорода воздуха оценивали по показателям кислотного и перекисного чисел (рис. 3, 4) и содержанию жирных кислот (табл. 2).

При нагревании купажей растительных масел в инертной среде наиболее интенсивно увеличение перекисного (рис. 3, а) и кислотного (рис. 3, б) чисел происходило в подсолнечно-рыжиковом купаже (на 74 и 108 % соответственно), но не превысило нормируемых значений ТР ТС 024/2011 [22].

В большей степени образование первичных продуктов окисления липидов купажей растительных масел наблюдалось при нагревании в среде, содержащей кислород (рис. 4). Самая высокая скорость роста перекисного числа была характерна для подсолнечно-рыжикового купажа, поэтому предельное установленное значение было превышено на 30 %. Тогда как кислотное число интенсивнее возрастало в кукурузно-льняном купаже и за период исследования достигло нормативного значения (0,6 мг КОН/кг).

Исследования состава жирных кислот (табл. 2) после термического окисления показали, что в течение 8 ч обработки в инертной среде и в присутствии кислорода воздуха существенных изменений содержания жирных кислот не было. Это указывает на тот факт, что окисление ненасыщенных жирных кислот в условиях эксперимента не произошло. Соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 ПНЖК осталось на рекомендуемом для сбалансированного питания уровне.

Проведенные экспериментальные исследования позволили сделать следующие выводы. Нагрев в инертной среде азота приводит к замедлению процессов термоокисления купажей растительных масел. Продолжительность нагревания купажей при доступе кислорода не должна превышать 6 ч, так как после этого периода времени наблюдается резкий подъем содержания первичных и вторичных продуктов окисления, а значения показателей перекисного и кислотного чисел превышают предельно допустимые. Нагревание в инертной сре-

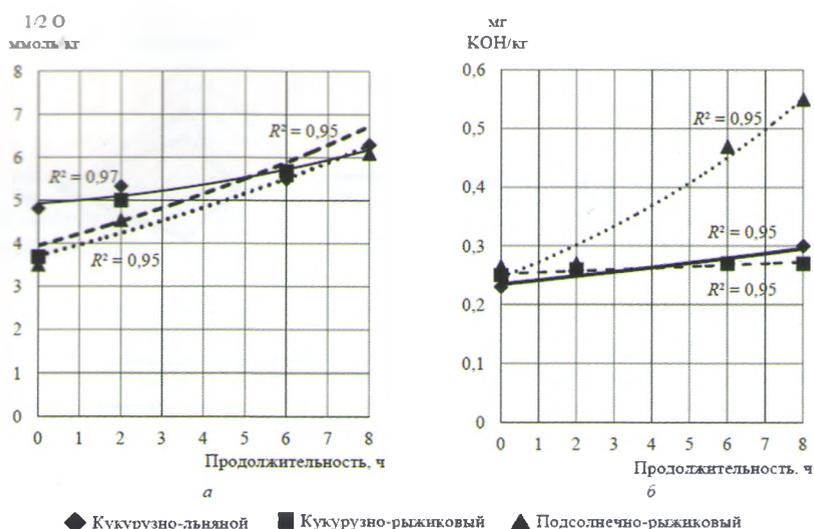


Рис. 3. Изменение содержания перекисного (а) и кислотного (б) чисел при термическом окислении купажей растительных масел в инертной среде

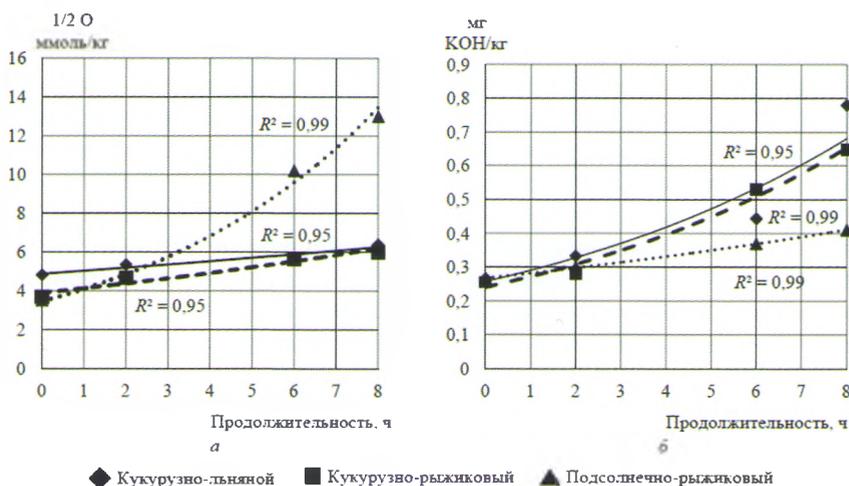


Рис. 4. Изменение содержания перекисного (а) и кислотного (б) чисел при термическом окислении купажей растительных масел в среде, содержащей кислород

Таблица 2. Жирнокислотный состав купажей растительных масел после термического окисления (8 ч)

Наименование жирной кислоты	Содержание жирных кислот, мас. %		
	кукурузно-льняной купажа после обработки	кукурузно-рыжиковый купажа после обработки	подсолнечно-рыжиковый купажа после обработки
Гексадекановая (пальмитиновая) С16:0	7,2	5,3	6,0
Октадекановая (стеариновая) С18:0	1,7	2,0	3,0
Октадеценная (олеиновая) С18:1	30,0	30,0	25,0
Октадекадиеновая (линолевая) С18:2	50,0	48,0	55,0
Октадекатриеновая (линоленовая) С18:3α	5,0	6,0	5,0
Докозеновая кислота (эруковая) С22:1	0,1	0,3	0,2
Неидентифицированные соединения	6,0	8,4	5,8
Соотношение $\omega$ -6 : $\omega$ -3	10 : 1	8 : 1	10 : 1

де и при доступе кислорода воздуха практически не влияет на соотношение  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3 жирных кислот.

Кукурузно-льняной, кукурузно-рыжиковый и подсолнечно-рыжиковый купажи растительных масел перспективно использовать для производства сбалансированных по со-

ставу ПНЖК эмульсионных, жировых и молочных продуктов, смесей растительных масел, маргаринов, спредов, майонезов, соусов на основе растительных масел и др.

Список литературных источников находится в редакции