

АРГУМЕНТАЦИЯ ВЫБОРА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АРОМАТА

А. Т. БЕЗУСОВ, доктор технических наук, профессор
(Одесская национальная академия пищевых технологий);

Г. Е. ДУБОВА, кандидат технических наук, доцент;

Н. В. РОГОВАЯ, кандидат технических наук, доцент;

О. И. МЕЛЬНИК

(Высшее учебное заведение Укоопсоюза
«Полтавский университет экономики и торговли»)

Аннотация. В статье показан подход к выбору растительных объектов для восстановления утраченного аромата, который базируется на окислительных процессах. В основе критериев выбора лежит предрасположенность липидных компонентов сырья к окислению. Предмет исследования – подход к выбору растительных объектов для восстановления утраченного аромата, который базируется на окислительных процессах. Цель исследования – обосновать критерии выбора и предрасположенности липидных компонентов сырья к окислению. Методы исследования: определение жирнокислотного состава, антиоксидантная активность липидных экстрактов, определение малонового диальдегида, измерение окислительно-восстановительного потенциала в растворе. Анализ липидного состава плодов показал достаточное количество ненасыщенных жирных кислот, которые продуцируют гидроперекисные соединения. Эффективность восстановления аромата зависит от количества образованных 9-, 13-гидроперекисей, которые служат субстратом для ферментов, образующих аромат. Проанализирована антиокислительная емкость, окислительно-восстановительный потенциал плодов свежих и после кулинарной обработки. Эти два показателя определяют способность плодов к повторному образованию ароматических компонентов. Установлено, что бахчевые (арбузы, тыква, огурцы) культуры имеют достаточный потенциал для восстановления аромата экзогенными липоксигеназами.

Ключевые слова: ароматизатор, окисление жирных кислот, ферменты.

Постановка проблемы в общем виде. Аромат многих фруктов и овощей частично теряется или сильно меняется после консервирования или высушивания. В вопросах возможного восстановления аромата таких продуктов существует теория, основанная на ферментативных процессах. Согласно этой теории, восстановление аромата зависит от присутствия ферментов, которые специфически образуют из соответствующих предшественников природные ароматы. Предшественниками ароматобразующих компонентов могут быть аминокислоты, углеводы, липиды. В некоторых случаях аромат может быть восстановлен в результате добавления

к обработанному сырью водного экстракта свежего продукта [1]. Вопрос о том, к каким плодам может быть применена теория восстановления аромата, остается достаточно актуальным. Ранее было установлено, что в свежих овощах предшественниками могут быть тиогликозиды из семейства капустных. В результате разработки полного синтеза этой группы предшественников обнаружено, что синтетические тиогликозиды столь же эффективны при воздействии конкретных ферментов, как естественные в капусте [2].

Анализ последних достижений и публикаций. Наиболее важное наблюдение в дальнейших исследованиях заключается

в том, что основной потенциал аромата из предшественников может быть преобразован в свежий аромат под действием именно собственных ферментов. Выделенные ферменты добавляли в пищу в процессе подготовки с целью восстановления аромата. В продолжение этих исследований С. Швиммер показал, что бланшированные и высушенные или консервированные фасоль, горох, брокколи, морковь, томаты, капуста меняют аромат под действием ферментов, выделенных из свежего сырья генетически родственных овощей или горчицы [3]. Внедряется способ усиления вкуса и аромата пищевого продукта или напитка, включающий контакт пищевого продукта или напитка с композицией ферментов. Профиль композиции состоит из ферментов глюкозидазы, липазы, амилазы, глюкоамилазы, ксиланазы и пектиназы [4].

В последнее время интенсивно изучаются производные ароматических соединений, которые могут быть сформированы из липидов с помощью α - β -окисления и ферментов липоксигеназ [5, 6]. Доказано, что ненасыщенные жирные кислоты цитоплазматических мембран клеток плодов выступают предшественниками многих ароматических веществ. Биосинтез соединений аромата липоксигеназным путем показан в томатах, огурцах, оливках, болгарском перце, яблоках, цитрусовых, клубнике [6, 7]. В предыдущих работах мы определили, что липиды в овощах и фруктах, особенно прочносвязанные, могут быть резервным «депо», которые имеют большой потенциал для восстановления утраченного аромата [8]. Пути превращения липидов в желаемые ароматические вещества зависят от совместного действия специфических ферментов (липоксигеназы и гидропероксидазы), а также наличия вспомогательных ферментов. Механизм взаимодействий липидов и окислителей носит свободнорадикальный характер, который тормозят природные антиоксиданты. Их антиокислительная активность зависит от концентрации этих веществ и физико-химических свойств. К ним относятся полифенолы, L-аскорбиновая кислота, каротиноиды, витамин К, убихинон, токоферолы. Активны-

ми антиоксидантами являются только восстановленные полифенолы, окисленные, хинонные формы свойствами антиоксидантов не обладают. Способность природных антиоксидантов в фенольной или хинонной форме, L-аскорбиновая или дегидроаскорбиновая кислота определяют их потенциальную возможность проявлять антиокислительную активность.

В процессе приготовления пищи антиокислители могут быть удалены и становятся причиной быстрого окисления липидов, поэтому при переработке пищевых продуктов в них дополнительно вносят антиоксиданты. Определено влияние методов кулинарного приготовления (кипение, микроволновое, приготовление в скороварке, запекание, жарка и выпечка) овощей на их антиоксидантную активность. Анализ способности к удалению радикалов (липоксильного и гидропероксильного) различных овощей показало, что самые высокие потери произошли в чесноке со всеми методами, кроме микроволнового. В зависимости от рассматриваемого овоща запекание и микроволновое приготовление привели к самым низким потерям антиоксидантной активности, в то время как приготовление в скороварке и кипение приводят к самым большим потерям, а жарка занимает промежуточное положение [9]. Причины, по которым изменяется антиоксидантная активность овощей после приготовления следующие:

- разрушение клеточных стенок и субклеточных отсеков и освобождение высокого количества антиоксидантных компонентов;
- термоинактивация окислительных ферментов;
- образование новых соединений или антиоксидантов.

Формулирование целей статьи. Цель статьи – исследовать достоверность параметров, которые определяют способность обработанных плодов к восстановлению аромата, установить влияние окислительно-восстановительного потенциала и антиокислительных свойств плодов на образование гидроперекисей из ненасыщенных жирных кислот цитоплазматической мембраны клеток.

Изложение основного материала исследования. *Материалы (объекты исследований):* бахчевые плоды (огурцы, арбуз, тыква), сладкий перец (источник витамина С), ягоды смородины (источник полифенолов) и вишня (источник антоцианов).

Метод определения жирнокислотного состава: липиды экстрагировали из навески 1 г лиофильно высушенной массы плодов на холоде изопропанолом, затем смесью изопропанол-хлороформ (1:1) и дважды смесью хлороформ-метанол (1:1). Количество жирных кислот в суммарной фракции липидов определяли с помощью газожидкостной хроматографии в виде метиловых эфиров. Анализ метиловых эфиров жирных кислот проводили методом газожидкостной хроматографии с использованием газового хроматографа GC-16A «Shimadzu».

Пробоподготовка. Свежее сырье подвергали следующим видам обработки: I – тонко измельчали, II – тонко измельчали и проварили 30 мин (гидротермическая обработка), III – замораживали при температуре -18°C , хранили 3 месяца, размораживали при комнатной температуре, IV – бахчевые плоды (арбузная мякоть, корки, тыква, огурец) тонко измельчали, затем добавляли комплекс водорастворимых ферментов из обезжиренного соевого шрота, термостатировали при температуре 37°C , в течение 10 мин, V – водный экстракт ферментов из обезжиренного соевого шрота, полученный по методике, описанной в Скоупс [10].

Антиоксидантная активность липидных экстрактов (АОА) была исследована в реакции окисления Твин-80 (Merck) кислородом воздуха [11]. Проводили фотоколориметрическое определение концентрации окрашенного в розовый цвет триметинового комплекса продуктов окисления с 2-тиобарбитуровой кислотой при 532 нм в контрольных и опытных образцах. Антиоксидантную активность (АОА) водных экстрактов образцов оценивали по интенсивности торможения накопления продуктов перекисного окисления. АОА рассчитывали по формуле:

$$\text{АОА} = \frac{D_k - D_{op}}{D_k} 100 \%,$$

где D_k , D_{op} – оптическая плотность в контрольном и опытном образцах соответственно.

Метод определения гидроперекисей и диеновых конъюгатов основан на измерении поглощения света диеновыми гидроперекисями при 234 нм на спектрофотометре СФ-42 при комнатной температуре, с молярным коэффициентом экстинкции $2,5 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Определение малонового диальдегида. Метод основан на реакции между малоновым диальдегидом (MDA) и тиобарбитуровой кислотой и образованием окрашенных триметиновых комплексов с максимумом поглощения при длине волны 532 нм на спектрофотометре.

Измерение окислительно-восстановительного потенциала. Изменение окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) в растворе контролировали с помощью рН-метра.

Известно, что содержание липидов в растительном сырье (не масличном) составляет около 1–1,5 %. Продукты окисления липидов растительного сырья участвуют в формировании летучего состава аромата и по-разному влияют на его органолептические свойства. От жирнокислотного состава пищевого продукта зависит тип продуктов разложения жирных кислот и соответственно аромат. Анализ состава жирных кислот бахчевых плодов необходим для прогнозирования ферментативных процессов с участием липоксигеназ, расщепляющих ЖК до гидроперекисей (табл. 1).

Линолевая и линоленовая кислоты составляют 30–40 % общего количества жирных кислот липидов, экстрагированных из арбузной мякоти, тыквы. Из ненасыщенных жирных кислот, их изомеров, образуются 2-гептаналь, гексаналь, 1-октен-3-он, транс-2-цис-6-нонадиеналь и транс-2-гексеналь. Эти соединения дают запахи, характерные соответственно для свежих грибов, огурцов

и томатов и др. Перечень ароматических соединений, которые образуются в результате свободнорадикальных реакций ПНЖК, включает большое количество наименова-

ний [12, 13]. В зависимости от скорости окисления липидов в продуктах концентрация карбонильных соединений и аромат, связанный с ними, изменяется.

Таблица 1

**Содержание жирных кислот (ЖК) в арбузе и тыкве,
процент от общего количества**

Наименование жирных кислот	Арбуз	Тыква	Арбуз	Тыква
	свежие плоды		обработанные гидротермически	
Капроновая, C _{6:0}	5,44	4,83	4,81	3,38
Миристиновая, C _{14:0}	6,71	–	6,02	–
Пальмитиновая, C _{16:0}	15,29	11,69	15,68	14,35
Пальмитолеиновая, C _{16:1}	–	4,15	–	3,91
Стеариновая, C _{18:0}	5,012	6,01	6,74	9,99
Олеиновая, C _{18:1}	17,27	20,94	10,25	22,37
Линолевая, C _{18:2}	31,81	37,49	33,96	30,92
Линоленовая, C _{18:3}	9,15	12,34	10,12	12,92
Арахидоновая, C _{20:0}	–	0,67	–	–
Другие ЖК	7,03	1,88	10,55	2,81

Реакции ферментативного образования ароматических компонентов из липидов существенно отличаются и зависят от того, что выступает субстратом-предшественником – линолевая кислота или линоленовая. Кроме того, система двойных связей ПНЖК иногда изменяется при изомеризации в конъюгированную конфигурацию, например, в 9-цис, 11-транс-линолевою кислоту. Изомеры образуются при гидрогенизации и характеризуются разными биологическими эффектами, в том числе при окислении.

На стадии начала окисления в полиненасыщенных жирных кислотах при отрыве атома водорода быстро образуются конъюгированные двойные связи. Обнаружение диеновой конъюгации является чувствительным тестом на появление гидроперекисей [14]. К первичным продуктам реакции окисления ПНЖК липидов в растениях относят 9-, 13-гидроперекиси. В результате расщепления гидроперекисей соответствующими ферментами и последующих превращений, происходит образование многообразных плодовых ароматов: альдегидных и спиртовых

производных с укороченной цепью (4-гидрокси-2-ноненаль, гексаналь и гексеналь, 2-октеналь, 2,4-декадиеналь, пропаналь, 2-пентаналь, 2,4-гептадиеналь, 3-гексаналь, 2,5-октадиеналь, 2,4,7-декатриеналь, 2-октеналь, 2,4-декадиеналь, 3-ноненаль), низкомолекулярные продукты (этан, пентан), эпоксиды и малоновый диальдегид (МДА). Иногда содержание конъюгированных диенов и гидропероксидов липидов используют взаимозаменяемо поскольку многие гидропероксиды липидов содержат конъюгированные диеновые системы.

Поскольку в цепях ненасыщенных жирных кислот существуют многочисленные позиции для образования гидропероксида, в результате реакций β-расщепления образуется много разных продуктов. Анализ образования диеновых конъюгатов и гидроперекисей, малонового диальдегида был проведен после разных способов технологической обработки, в том числе и ферментативной (табл. 2). Замеры проводили в течение 1–2 минут после окончания пробоподготовки.

Таблиця 2

Продукты первичного и вторичного окисления липидов

Образец	Гидроперекиси, ед. опт. пл.	Малоновый диальдегид, ед. опт. пл.
Тыква сырая	$D_{233} = 0,078$	$D_{532} = 8,27$
вареная	$D_{233} = 0,05$	$D_{532} = 15,79$
замороженная	$D_{233} = 0,071$	$D_{532} = 10,13$
Огурец сырой	$D_{233} = 0,016$	$D_{532} = 4,51$
вареный	$D_{233} = 0,038$	$D_{532} = 9,02$
замороженный	$D_{233} = 0,025$	$D_{532} = 6,85$
Арбузная мякоть свежая	$D_{233} = 0,096$	$D_{532} = 27,00$
вареная	$D_{233} = 0,015$	$D_{532} = 13,57$
замороженная	$D_{233} = 0,128$	$D_{532} = 35,04$

В свежих плодах гидроперекиси образуются под действием тканевых липоксигеназ, которые после измельчения сырья интенсивно принимают участие в ферментативных реакциях. В размороженных плодах образование гидроперекисей совпадает с активацией комплекса ферментов, в том числе гидропероксидаз, которые быстро вступают в реакцию с ними. Поэтому полученные значения могут лишь частично отражать действительное накопление гидроперекисей после размораживания. Продукты окисления липидов образуются в наибольшем количестве после обработки экзогенными ферментами обезжиренного соевого шрота. В плодах огурца и тыквы соотношение линолевой и линоленовой кислот отличается, поэтому низкое значение продуктов окисления ПНЖК в огурцах может указывать на то, что в первую очередь принимает участие в окислительных процессах линоленовая кислота. Подтверждающим фактом являются значения МДА – выход МДА в ходе окисления липидов зависит от жирнокислотного состава, причем более ненасыщенные жирные кислоты дают больше МДА. Обращает внимание факт, что полифенолы, антоцианы, каротиноиды и L-аскорбиновая кислота в определенной мере не препятствуют окислительным процессам испытуемых образцов, а определяют их направление.

В термообработанном сырье из-за тепловой инактивации тканевых ферментов гидроперекиси практически не образовывались, как в арбузной мякоти, так и черной смородине, вишне, сладком перце. В тыкве содержание гидроперекисей увеличилось, возможно, из-за участия каротиноидов в окислительных процессах.

Первичные продукты окисления нелетучи и поэтому не участвуют непосредственно в образовании запахов. На более поздних стадиях окисления концентрация гидроперекисей снижается. По мере замедления скорости их образования скорость расщепления гидроперекисей и образование ароматических компонентов увеличивается. Продукты расщепления ПНЖК зачастую содержат двойные связи и (в некоторых случаях) неповрежденные пентадиеновые системы. Эти системы двойных связей могут подвергаться отрыву атома водорода или атаке синглетного кислорода, что приводит в результате к образованию дополнительных продуктов разложения и уникальных ароматов. Если гидропероксид локализован на 9-м атоме углерода или на 13-м атоме углерода, а β -расщепление происходит со стороны метального конца молекулы, то гидропероксид сперва разлагается с образованием алкоксильного радикала, а затем с образованием двух продуктов реакции – 9-оксонаноата и винильного радикала на 9-м атоме углерода (олефиново-

го радикала). Эти винильные радикалы зачастую взаимодействуют с гидроксильными радикалами с образованием альдегидов, давая, таким образом, 3-ноненаль [15]. Типичными продуктами реакции β -расщепления алкоксильного радикала при 12-м атоме углерода являются 9-ундеценат и 2-гептеналь (при расщеплении по концу карбоновой кислоты), и 12-оксо-9-додеценат и гексаналь (при расщеплении по метильному концу жирной кислоты). Гидропероксид линолевой кислоты может подвергаться β -расщеплению и по карбоксильному концу жирной кислоты, когда после образования алкоксильного радикала образуются октанат и 2,4-декадиеналь [13].

Последствия технологической переработки отражаются на способности к протеканию окислительных реакций в плодовой системе. Показателем нормального роста, развития и функционирования растений является окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) [16]. В растительном мире параметры ОВП особенно важны для винограда и продуктов его промышленной переработки. Вещества фенольной природы, которыми богат виноград, играют важную роль в окислительно-восстановительных процессах. Показатель ОВП указывает на активность некоторых ферментов, что является значимым при выборе технологических параметров. В продуктах животного происхождения – один из показателей качества липидов в мясе, который свидетельствует о качестве технологии, упаковки и хранения [17–19]. Было показано, что как не высокие значения ОВП так и уменьшение этого показателя свидетельствует о низкой скорости окислительных реакций или их отсутствии. На изменение ОВП влияют витамин С, полифенолы, другие вещества и ферменты [20].

Для осуществления ферментативных окислительных реакций в плодовой системе значение ОВП может быть достаточно информативным с точки зрения доступности субстрата. Многие вещества полифенольной природы, пигменты, аскорбиновая кислота, обладая антиокислительными свойствами, выполняют защитную функцию в стрессовых

для плода условиях [21]. Для измерения ОВП использовали образцы свежие, после гидротермической обработки и замораживания. В результате объекты исследований были условно разбиты на 3 группы: бахчевые плоды, экстракт ферментов, ягоды (табл. 3).

Таблица 3

Изменение pH и ОВП в плодах и экстракте ферментов

Наименование образцов	pH	ОВП, mV
Бахчевые плоды свежие	6,3...6,5	-40... -45
гидротермическая обработка	6...6,4	-50... -55
замороженные	5,5...5,8	-35... -41
Экстракт ферментов	5,5...6,4 6,5...6,7 6,8...6,9	5...8 9...10 15...12
Ягоды свежие	4,5...5,2	-300... -301
гидротермическая обработка	5,5...5,6	-330... -350
замороженные	6...7,5	-370... -400

Анализ полученных результатов показал, что плоды после гидротермической обработки и замораживания можно условно разделить на группы с высоким и низким значением ОВП. Бахчевые плоды относятся к группе с невысоким значением ОВП 40–70 mV. Область значений для плодов с сильной антиоксидантной системой (смородина, вишня, сладкий перец) находится в пределах 300 mV и выше. Отдельную область представляют собой системы-носители ферментов класса оксидоредуктаз от -330 mV и ниже. Указанные различия ОВП означают, что активность электронов в экстракте ферментов намного выше, чем активность электронов в плодовой системе. ОВП, как показатель активности электронов, оказывает значительное влияние на функциональные свойства электроактивных компонентов биологических систем.

Участие липоксигеназ соевого шрота в окислительных процессах объясняется как

низкими значениями ОВП, так и определенными значениями ОВП бахчевых плодов. Возможность использования липоксигеназ в плодах с высоким значением ОВП, с точки зрения энергетического баланса, затруднена. Это подтверждается результатами экспериментов, в которых к ягодам и бахчевым плодам после термообработки добавляли экстракт ферментов для восстановления утраченного аромата. В первом случае, изменения аромата не происходило, как предполагалось из-за присутствия антиоксидантов. Во втором – аромат восстанавливался при достаточной площади контакта между субстратом и ферментами.

Нарастание уровня продуктов перекисного окисления липидов и нарушение функционирования антиоксидантной системы, как правило, находятся в прямой зависимости. Специфично, что главный эффект антиоксидантов в исследовании перекисного окисления, не показателен из-за особенностей антиоксиданта в водных/липидных системах, как внутри так и на поверхностях. Многие антиоксиданты существуют во внеклеточных жидкостях, они могут или предотвратить иницирование липидного пероксида или проникновение и вовлечение радикала в фазу распространения [22]. Антиоксиданты могут быть в водорастворимой форме (аскорбат, глутатион, альбумин) и в липидной фазе (альфа и гамма токоферолы, убихинон, ликопин, лютеин). Механизм их активности отличается: некоторые влияют на доступ синглетного кислорода, другие на отдельные разновидности радикалов. Некоторые аскорбаты и флавоноиды действуют как прооксиданты в определенных условиях и могут иметь двойное биохимическое и фармакологическое действие [23]. Измерение антиоксидантной активности (АОА, %) образцов после пробоподготовки показало, что результаты свежих плодов, вареных, после размораживания и ферментативных преобразований отличаются.

Наличие нескольких эндогенных антиоксидантных систем в свежих измельченных плодах обусловило наибольшие значения АОА – в среднем 75–90 %. Возможно, вслед-

ствие нарушения какой-либо антиоксидантной системы в размороженных плодах АОА 55–60 %, то есть выражена в меньшей степени. Вареные плоды в среднем имеют значения АОА 15 %, но в черной смородине и сладком перце этот показатель выше и составляет 45–50 %. Таким образом, гидротермическая обработка огурцов, тыквы, арбузов, понижая значения АОА, способствует дальнейшим окислительным реакциям, в том числе и с участием ферментов. Наименьшие показатели АОА в образцах с экстрактом ферментов связаны как с прооксидантными свойствами компонентов, так и протеканием окислительных процессов в плодовых системах.

Выводы. В основе критериев выбора растительных объектов для восстановления утраченного аромата лежит предрасположенность липидных компонентов сырья к окислению. Анализ антиокислительной емкости, окислительно-восстановительного потенциала плодов свежих и после тепловой обработки показал определенные тенденции протекания окислительных процессов. Эти два показателя в определенной мере определяют способность плодов к повторному образованию ароматических компонентов. Установлено, что бахчевые культуры (арбузы, тыква, огурцы) имеют достаточный потенциал для восстановления аромата экзогенными липоксигеназами. Анализ липидного состава плодов показал достаточное количество ненасыщенных жирных кислот, которые продуцируют гидроперекисные соединения. Эффективность восстановления аромата зависит от количества образованных 9-,13-гидроперекисей, которые служат субстратом для ферментов, образующих аромат. Новыми аспектами в образовании ароматических компонентов являются данные о продуктах первичного и вторичного окисления липидов свежего сырья и после термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Reed, G. (1966). Enzymes in Food Processing (1966). Access Online via Elsevier.

2. Hasselstrom, T., Bailey, S., & Reese, E. T. (1962). Regeneration of Food Flavors through Enzymatic Action. Army Research Office Washington DC.
3. Schwimmer, S. Alteration of the flavor of processed vegetables by enzyme preparations. *Journal of Food Science*, 28(4), (1963) 460–466.
4. J. Jolly, S. Ulbrich «Enzyme compositions that enhance the flavor of food and beverages» U.S. Patent No. 2007/0020744 A1. 25 Jan. 2007.
5. Reineccius, G. (2005). Flavor chemistry and technology. CRC press.
6. Oey, I. (2010). Effect of novel food processing on fruit and vegetable enzymes. In Bayındırlı, A. Enzymes in Fruit and Vegetable Processing, 245. Taylor & Francis Group.
7. Leone, A., Bleve-Zacheo, T., Gerardi, C., Melillo, M. T., Leo, L., & Zacheo, G. (2006). Lipoxigenase involvement in ripening strawberry. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 54(18), 6835–6844.
8. Dubova H. E., Bezysov A. T. (2014) Theory development of enzymatic aroma recovery. Proceedings of the Voroneg state university of engineering technologies, 2 (60), 119–124.
9. Jiménez-Monreal, A. M., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M., & Murcia, M. A. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, 74(3), H97-H103.
10. Scopes, R. (1985). Methods of protein purification. M. : Mir.
11. Antolovich M., Prenzler P. D., Patsalides E. Methods for testing antioxidant activity // *Analyst*. 2002. V. 127. P. 183–198.
12. Oey, I. (2010). Effect of novel food processing on fruit and vegetable enzymes. In Bayındırlı, A. Enzymes in Fruit and Vegetable Processing, 245. Taylor & Francis Group.
13. Damodaran, S., & Parkin, K. L. (Eds.). (2008). Fennema's food chemistry (Vol. 4). Boca Raton, FL: CRC press.
14. Gardner, Harold W. «Decomposition of linoleic acid hydroperoxides. Enzymic reactions compared with nonenzymic.» *Journal of agricultural and food chemistry* 23.2 (1975): 129–136.
15. Eriksson, Caj. “Aroma compounds derived from oxidized lipids. Biochemical and analytical aspects.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23.2 (1975): 126–128.
16. Pandey, D., Agrawal, M., & Bohra, J. S. (2014). Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. *Soil and Tillage Research*, 136, 51–60.
17. Cutter, C. N. (2002). Microbial control by packaging: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 42(2), 151–161.
18. Nam, K. C., & Ahn, D. U. (2002). Carbon monoxide-heme pigment is responsible for the pink color in irradiated raw turkey breast meat. *Meat Science*, 60(1), 25–33.
19. Nam, Ki-Chang. «Mechanisms of color change and the prevention of off-color and off-flavor in irradiated meat.» (2002).
20. Okouchi, S., Suzuki, M., Sugano, K., Kagamimori, S., & Ikeda, S. (2002). Water Desirable for the Human Body in Terms of Oxidation-Reduction Potential (ORP) to pH Relationship. *Journal of food science*, 67(5), 1594–1598.
21. Suslow, T. V. (2004). Oxidation-reduction potential (ORP) for water disinfection monitoring, control, and documentation. *Division of Agriculture and National Resources, University of California, Davis*.
22. Pinchuk I., Shoval H., Dotan Y., Lichtenberg D. (2012). Evaluation of antioxidants: Scope, limitations and relevance of assays. *Chemistry and physics of lipids*, 165(6), 638–647.

23. Stephanson, C. J., Stephanson, A. M., & Flanagan, G. P. (2002). Antioxidant capability and efficacy of Mega-H™ silica hydride, an antioxidant dietary supplement, by in vitro cellular analysis using photosensitization and fluorescence detection. *Journal of medicinal food*, 5(1), 9–16.

А. Т. Безусов, доктор технічних наук, професор (Одеська національна академія харчових технологій); **Г. Є. Дубова**, кандидат технічних наук, доцент; **Н. В. Рогова**, кандидат технічних наук, доцент; **О. І. Мельник** (Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»). **Аргументація вибору рослинних об'єктів для відновлення аромату.**

Анотація. У статті показаний оригінальний підхід до вибору рослинних об'єктів для відновлення втраченого аромату, який базується на окисних процесах. В основі критеріїв вибору лежить схильність ліпідних компонентів сировини до окислення. Предмет дослідження – підхід до вибору рослинних об'єктів для відновлення втраченого аромату, який базується на окисних процесах. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні критеріїв вибору і схильності ліпідних компонентів сировини до окислення. **Методи дослідження:** визначення жирнокислотного складу, антиоксидантна активність ліпідних екстрактів, визначення малонового діальдегіду, вимірювання окисно-відновного потенціалу в розчині. Аналіз ліпідного складу плодів показав достатню кількість ненасичених жирних кислот, які продукують гідроперекисні з'єднання. Ефективність відновлення аромату залежить від кількості утворених 9-, 13-гідроперекисей, які служать субстратом для ферментів, що утворюють аромат. Проаналізована антиокислювальна ємність, окислювально-відновний потенціал свіжих плодів і плодів після кулінарної обробки. Ці два показники визначають здатність плодів до повторного утворення ароматичних компонентів. Доведено, що баштанні (кавун, гарбуз, огірки) культури мають достатній потенціал для відновлення аромату екзогенними ліпоксігеназами.

Ключові слова: ароматизатор, окислення жирних кислот, ферменти.

A. Bezysov, Dc. Tech. Sci., Professor (Odessa National Academy of Food Technologies); **H. Dubova**, Cand. Tech. Sci., Docent; **N. Rogova**, Cand. Tech. Sci., Docent; **O. Melnyk** (Poltava University of Economics and Trade). **Argumentation of plants objects choice to restore the aroma.**

Summary. The research subject covers the approach to the selection of plants to restore the lost aroma based on oxidation processes. The aim of the research is to substantiate the criteria of selection and predisposition of raw material lipid components to oxidation. The research methods include determination of the fatty acid composition, antioxidant activity of lipid extracts, identification of malondialdehyde, and measurement of the oxidation-reduction potential (ORP) in the solution. The analysis of the lipid composition of fruits has showed a sufficient amount of unsaturated fatty acids that produce hydroperoxide compounds. The efficiency of aroma restoration depends on the number of formed 9-, 13- hydroperoxides that serve as a substrate for aroma-forming enzymes. The antioxidant capacity and oxidation-reduction potential of fresh fruits and fruits after cooking have been analyzed. These two characteristics determine the fruit ability to repeated formation of aromatic components. Gourds (watermelons, pumpkins, cucumbers) have been found out to have the sufficient potential to restore aroma by exogenous lipoxygenases.

Keywords: flavor, oxidation, fatty acids, enzymes.