

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПИГМЕНТ-ЛИПИДНОГО КОМПЛЕКСА НА ЛЕТУЧИЕ КОМПОНЕНТЫ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

О. И. Мельник

Изучена взаимосвязь между пигмент-липидным комплексом и ароматическими компонентами пряно-ароматического сырья, установлена зависимость между сохранением цвета и насыщенностью аромата в образцах. Показано, что микроволновая обработка может быть быстрым и надежным способом количественного сохранения хлорофиллов при обезвоживании растительного сырья. Микроволновое поле приводит к наименьшим деструктивным изменениям хлорофилл-липидного комплекса листьев пряно-ароматического сырья.

Введение

Ароматические растения и травы считаются совершенными источниками природных антиоксидантов. Большинство эфиромасличных трав оказывают противовоспалительное, спазмолитическое и тонизирующее действие. Например, базилик, петрушка, укроп обладают дезинфицирующими, противовирусными и противомикробными свойствами. Они содержат устойчивый пигментно-белково-липидный комплекс, который структурно связан с ароматическими соединениями. Свежие листья пряно-ароматического сырья (ПАС) имеют ярко выраженный аромат, вкус и цвет. При конвективном высушивании в большинстве случаев эти характеристики изменяются в худшую сторону: частично теряется аромат, изменяется вкус и цвет, что негативно влияет на потребительские свойства конечного продукта. Как сушка, так и другие тепловые способы обработки представляют для листовых растений определенный стресс. Ранее нами было показано влияние стрессовых условий при высушивании ПАС в микроволновом поле, измельчении, замораживании на ароматические компоненты [1]. Степень влияния определялась по интенсивности изменения ароматических компонентов в обработанном продукте. Вопрос участия пигмент-липидного комплекса в формировании ароматических профилей растений при технологической обработке изучен недостаточно.

Изменение аромата, как правило, рассматривают в виде первоначальной реакции на стресс или физические методы воздействия. К не специфической составляющей стресса относятся до 20 признаков, направленных на мобилизацию защитных сил растения. При повышении температуры – это повышение проницаемости и деполяризация клеточных мембран, концентрации в цитоплазме ионов кальция, выход ионов калия из клеток, увеличение вязкости цитоплазмы, синтез особых «стрессорных» белков, усиление дыхания, увеличение абсцизовой и жасминовой кислот, этилена и др. Важную роль в этом восприятии играют клеточные мембраны, которые могут изменять свою текучесть в ответ на изменения температуры, электрического поля или концентрации двухвалентных ионов [2].

Целью работы является исследование изменения пигмент-липидного комплекса, содержащегося в зеленых листьях ПАС и аромата при разных способах тепловой обработки. Для ее реализации были поставлены следующие задачи: анализ и воспроизведение профиля аромата ПАС; оценка изменений клеточной структуры при разных способах обработки; определение условий, при которых происходят изменения в пигмент-липидном комплексе, соответственно, и аромате сырья. Эти процессы зависят от используемой мощности и времени обработки.

Результаты исследований и их обсуждение

Клеточные мембраны представляют собой липидный бислой, который, согласно исследованиям, в микроволновом поле претерпевает изменения, отличающиеся от других тепловых способов обработки. Это связано с различной удельной теплоемкостью водной и липидной составляющей клетки [2]. В работах Бурдо О.Г. указано на целый ряд отличий

микроволновой обработки и традиционного обезвоживания [3]. Стрессовые условия в микроволновом поле ускоряют разрыв клеток, вызывая внезапное повышение температуры и увеличение внутреннего давления в стенках растения. В результате освобождаются эфирные масла, активизируются ферменты сырья, изменяется рН среды, образуются производные хлорофилла (феофитин, хлорофиллиды). Обработка сырья в микроволновом поле при низких температурах или в вакууме позволяет максимально сохранить цвет высушенных листьев и сберечь свежий запах [4], что с точки зрения возможных реакций хлорофилла с органическими кислотами растений или их кислыми солями требует дальнейшего изучения.

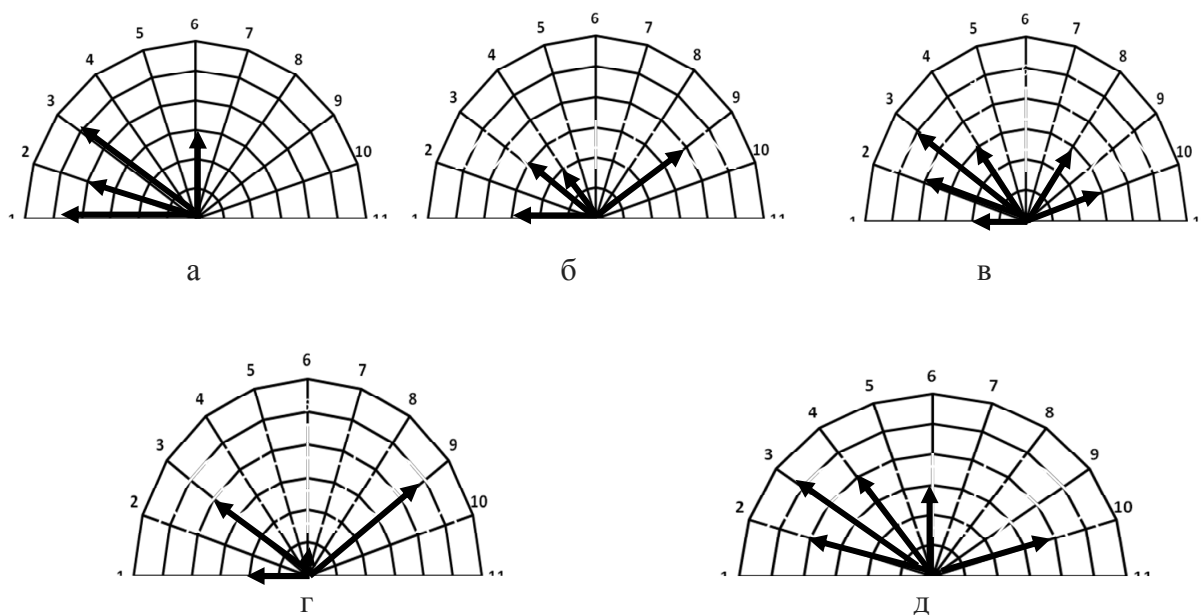
Хлорофилл находится в листе не в виде простого раствора, а соединен с белками и липидами. Поэтому в работе рассмотрен пигментно-липидный комплекс, который содержится в мембранах растений. Степень изменения зеленой окраски зависит от концентрации органических кислот в продукте и продолжительности тепловой обработки. В свою очередь, при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$ происходит активация хлорофиллазы – фермента, катализирующего расщепление хлорофилла, при рН – 5,9 и повышенной влажности среды [5]. Когда ферменты активируются тепловой обработкой, в сырье происходит образование хлорофиллидов путем отщепления фитола от хлорофиллов и не содержащих магния их производных (феофетинов). Хлорофиллиды, будучи производными хлорофилла, также относятся к красящим пигментам. В присутствии большого количества спирта, фитоловая группа отщепляется, и хлорофиллид этерифицируется с образованием метилового или этилового хлорофиллида. Поэтому сохранение зеленых пигментов после щадящей тепловой обработки, может быть результатом вышеуказанных реакций.

Анализ литературы показал, что в пищевой промышленности традиционно используют только красящие свойства хлорофиллов [6]. Взаимосвязь между содержанием хлорофилла и летучими компонентами частично изучена на таких объектах, как зеленый чай, зеленые бананы, брокколи, водоросли [7]. Хранение овощей и фруктов в интервале температур 20°C – 30°C приводит к тому, что изменение хлорофилла в тканях замедляется и в это время образуются ароматические соединения, которые положительно влияют на органолептический профиль [7]. Исследована прямая зависимость между содержанием хлорофилла и ароматом при анаэробном хранении плодов [8]. Установлено, что накопление этилена, в котором растворяются липиды и некоторые ароматические компоненты, позволяет максимально сохранить биологический потенциал сырья, хлорофиллы и душистые вещества. В связи с этим изучение сохранности пигмент-липидного комплекса и летучих компонентов при тепловой обработке растительного сырья является актуальной задачей.

Контрольным образцом были выбраны свежие листья ПАС, рисунок 1 (а). Предварительную обработку сырья проводили: бланшированием в кипящей воде, 5 мин, рисунок 1 (б); в промышленной микроволновой печи "Gold Snar" с мощностью 0,2–0,8 кВт, 5–30 мин, рисунок 1 (в); конвективным обезвоживанием при температуре 60°C , 30 мин, рисунок 1 (г); замораживанием в морозильной камере при $t -15^\circ\text{C}$, 12 часов, рисунок 1 (д). Для обезвоживания ПАС до конечной стандартной влажности в микроволновом поле ориентируются на временной интервал в пределах 30 мин при частоте 2450 Гц [4]. Описание ароматов образцов листьев ПАС проведено комиссией дегустаторов методами ранжирования и сравнения. Для проведения сенсорного анализа выбрали 11 дескрипторов, которые были наиболее характерны для аромата ПАС или могли присутствовать в его составе. Интенсивность каждого оттенка оценивали по 6 –балльной шкале: 0-признак отсутствует, 1-слегка ощутимый, 2-слабая интенсивность, 3-умеренная интенсивность, 4-средняя интенсивность, 5-сильная интенсивность, 6-очень сильная интенсивность. Содержание ароматических веществ определяли по «числу аромата» – разница между количеством гипосульфита натрия, израсходованного на титрование образцов, контрольного (вода) и опытного, выдержанных в 1% растворе бихромата калия. Содержание хлорофилла в листьях определяли стандартным фотоколориметрическим методом. Содержание хлорофилла определяли по калибровочной кривой, используя полученную на ФЭКе величину оптической плотности экстракта хлорофилла. Для определения коэффициента пропускания в 70 % спиртовом экстракте образцов

применяли светло-красный светофильтр с длиной волны 680 нм, толщина слоя кювет – 0,5 см. Исследовали микроструктурупряно-ароматического сырья с помощью электронного микроскопа «MICROmed», при увеличении образцов в 40 раз, методом «раздавленная капля».

Для специй и трав характерно высокое содержание различных летучих соединений, однако в большинстве случаев характерный аромат этому растительному сырью придают конкретные вещества, присутствующие как в высоких, так и в низких концентрациях. Сравнительный анализ ароматических профилей образцов ПАС необходим с точки зрения оценки влияния предварительной обработки на аромат сырья. Тенденция, характерная для изменения профиля аромата базилика (рисунок 1), типична и для других исследуемых образцов ПАС.



Дескрипторы: 1– гвоздичный, 2– мускатный, 3–лимонный, 4–карамельный, 5– ванильный, 6–травяной, 7–жареный, 8–соленый, 9–сушеный, 10–древесный, 11–горький.

Рисунок 1 – Ароматические профили свежего(а) и обработанного (б,в,г,д) базилика

На основе данных сенсорного анализа можно сделать вывод, что наиболее характерными базиликовыми ароматами являются образцы а, в, д. В свежем сырье (а) ароматические качества наиболее выражены по большинству дескрипторов. Аромат образца б – слабый, не выраженный, но характерный для базилика, в – сильный, достаточно насыщенный, без посторонних оттенков, г – в целом приятный, но не насыщенный, негармоничный. В образцах б и г заметно присутствие посторонних оттенков. Образец д — хорошо ощутимый, очень приятный, типичный для базилика. В образцах после микроволновой обработки и замораживания наиболее полно происходит раскрытие ароматов, в результате разрыва клеточных стенок и освобождения эфирных масел, а также активизации действия ферментов ПАС. Ферменты могут усиливать свойство тканей клеток к восстановлению течения биохимических реакций в клетке за счет влияния их на биокolloиды растений. Нужно отметить, что все исследуемые образцы имели характерные для данного направления ароматические качества, но выраженные в разной степени. В каждом примере помимо ароматических преобразований происходят определенные изменения физико-химических свойств исследуемого сырья.

При технологической обработке констатируемые варьирования аромата ПАС находятся в определенной зависимости с трансформацией пигмент-липидного комплекса. С целью

изучения параметров этой зависимости сравнивали оптическую плотность образцов, обработанных при различных условиях (таблица 1).

Таблица – 1 Оптическая плотность экстрактов образцов ПАС

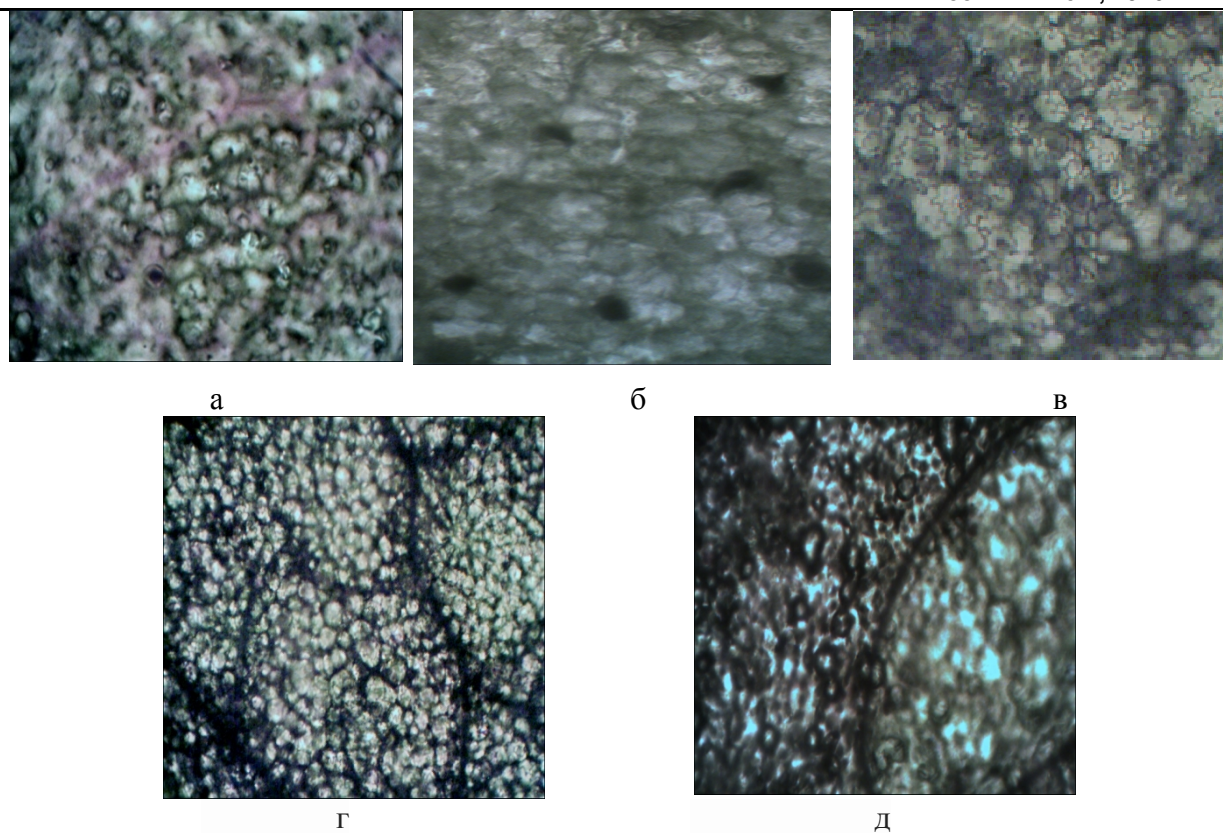
Сырье	Метод обработки, оптическая плотность				
	контроль	бланширование	конвективный	микроволновой	замораживание
Базилик	0,82	0,25	0,95	1,20	1,25
Листья перца	0,78	0,26	1,00	1,20	0,95
Укроп	0,90	0,21	1,00	1,10	1,10
Петрушка	1,00	0,30	1,00	1,10	1,00

Результатами экспериментальных исследований установлено, что наибольший показатель оптической плотности в образцах, обработанных микроволнами и замораживанием. Насыщенность цвета в этих образцах может быть связана с изменениями хлорофилла до хлорофиллида и феофитина после обработки. Уменьшение оптической плотности по сравнению с контролем в других образцах свидетельствует о меньшей концентрации пигмент-липидного комплекса после обработки, в связи с его возможным разрушением.

В микроволновом поле проходят неспецифические для обезвоживания процессы [9]. Во время нагревания свежего ПАС при высоком значении мощности микроволновой установки (0,8 кВт) в течение 5 мин проходит микроволновое экстрагирование эфирных веществ и увеличивается концентрация хлорофилла в листьях. Исследуя обработку базилика в микроволновом поле с другими значениями мощности (0,4 кВт), установлено, что на пятой минуте аромат достиг своего максимального значения, что подтверждалось числом аромата и коррелировало с измерениями общего количества хлорофилла в листьях. На десятой минуте аромат оставался довольно приятным, но частично менялся цвет образца. Тридцатая минута показала практически те же результаты, хотя аромат был менее выражен. По окончании экспериментов хлорофилл частично переходит в феофитин, что подтверждается тускло-оливковым цветом образцов.

Сравнение числа аромата в пряно-ароматическом сырье при разной тепловой обработке показало разницу в сумме ароматических веществ. В образцах после микроволнового нагревания в среднем число аромата составило 160, в образцах после бланширования – 80, конвективной обработки и замораживания пряно-ароматического сырья в среднем – 100, в свежем сырье – 75 (усредненные показатели). Важным моментом в данных исследованиях является то, что после микроволнового нагревания запах образцов был наиболее приближенным к естественному и более насыщенным.

Известно, что изучение изменений хлорофилла с помощью микроскопирования требует особой процедуры пробоподготовки, в которую входят: растирание зеленых листьев в ступке, фильтрование и осаждение центрифугированием, экстракция ацетоном, и после этого цикл многократно повторяется [9–10]. Таким образом, исследование хлорофилла предусматривает операции, разрушающие структурные компоненты, связанные с ним в растительной клетке. Разрушение перед микроскопированием пигмент-липидного комплекса, как описано выше, отрицательно повлияет на конечные результаты из-за реакций, протекающих в процессе длительной пробоподготовки. Особенно это отразится на липидных компонентах, которые после технологической обработки подвергаются процессам окисления по свободнорадикальному механизму. Поэтому нами была исследована микроструктура пряно-ароматического сырья непосредственно после обработки (рисунок 2), чтобы установить общие направления изменений пигмент-липидного комплекса ПАС.



а – свежие листья базилика, б – листья базилика после бланширования, в – листья базилика после конвективного высушивания, г - листья базилика после микроволновой обработки, д – листья базилика после замораживания

Рисунок 2 – Микроструктура листьев базилика

Бланширование, конвективная, микроволновая обработки и замораживание в разной степени повлияли на клеточную структуру и пигментно-липидный комплекс ПАС. Все виды тепловой обработки привели к структурным изменениям в листьях по сравнению со свежим образцом. Вследствие микроволновой обработки показано значительное уменьшение размеров, усиление цвета и уплотнение клеток. При конвективной обработке образцы, напротив, увеличились в размерах и приобрели светлый оттенок. Атрофические изменения в обезвоженных образцах при конвективном или микроволновом подводе тепла имели противоположные значения. При бланшировании цвет образцов изменился до оливкового, а клеточная структура увеличилась. Структура образцов после замораживания частично характеризуется такими же параметрами, как и свежее сырье или близкими к ним.

Определено содержание хлорофилла в образцах после конвективной обработки (промышленный образец): хлорофилл *a* – 87,9 мг %, хлорофилл *b* – 44,0 мг %. В образцах обработанных в микроволновом поле: хлорофилл *a* – 739,8 мг %, хлорофилл *b* – 209,3 мг %. Установлено, что образцы, обезвоженные в микроволновом поле, содержат в 4,5–8,0 раз большую концентрацию хлорофиллов. Таким образом, результаты микроструктурных изменений, коэффициента пропускания и профилей аромата в ПАС находятся в определенной зависимости.

Заключение

Установлено влияние предварительной обработки на пигмент-липидный комплекс пряно-ароматического сырья ПАС и ароматические компоненты, связанные с липидами цитоплазматических мембран, образованием кислот и этилена, а также с предрасположенностью компонентов клетки к окислительному стрессу. Анализ ароматических профилей ПАС подтвердил, что вид тепловой обработки влияет в равной

мере как на аромат, так и на изменения хлорофилла. Исследованы особенности преобразования зеленых пигментов, которые проходят в стрессовых условиях тепловой обработки. Установлены оптимальные параметры обработки в микроволновом поле, при которой максимально сохраняется хлорофилл и аромат ПАС. Наилучшим способом предварительной тепловой обработки для ПАС является микроволновая, поскольку положительно влияет на сохранение ароматических компонентов. С целью продления сроков хранения ПАС предложено использовать этот вид обработки для последующего хранения.

Литература

- 1 Безусов, А.Т. Новая технология получения ароматических веществ / А.Т. Безусов, Г.Е. Дубова, О.И. Кривошей // Науч. произв. журнал ОНАПТ Украины. – Одесса, 2008. – Вып. 4 (5): Пищевая наука и технология. – С. 35–38.
- 2 Пятыгин, С.С. Стресс у растений: физиологический поход / С.С. Пятыгин // Журнал общ. биол. / Нижегородс. гос. уни-та им. Н.И. Лобачевского. — Нижний Новгород, 2008. – Т. 69, № 4. – С. 294–298.
- 3 Бурдо, О.Г. Моделирование процессов обезвоживания пищевого сырья в электромагнитном поле / С.Г. Терзиев, И.И. Яровой, А.А. Борщ // Вестн. ВГУИТ России. – Воронеж, 2013. – Вып. 3: Информационные технологии, моделирование и управление. – С. 62–65.
- 4 Бичков, Я.М. Розробка апарата та дослідження процесу обробки пряно-ефірної сировини при розрідженні з НВЧ- енергопідводом : дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Донецький держ. ун-т економіки і торгівлі ім. М.Туган- Барановського. – Донецьк, 2005. – 148 с.
- 5 Кретович, В.Л. Основы биохимии растений: учеб. пособие / В.Л. Кретович. – Москва : Издательство «Высшая школа», 1971. – 463 с.
- 6 Товароведение и инновационные технологии переработки лекарственно-технического растительного сырья : учебное пособие / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская [и др.] ; Харьк. Гос. ун-т питания и торговли ; под общ. ред. Р.Ю. Павлюк. – Харьков, 2013. – 429 с.
- 7 Effect of high temperature on color, chlorophyll fluorescence and volatile biosynthesis in green-ripe banana fruit. / Yang X., Song J., Fillmore S. [and etc] // Postharvest biology and technology. – 2011. – Vol. 62, Issue 3. – P. 246-257.
- 8 Mitchell, M. Impact of salt reduction on the instrumental and sensory flavor profile of vegetable soup / Mitchell M., Brunton, N. P., Wilkinson, M. G. // Food research international. – 2011. – Vol. 44, Issue 4. – P.1036–1043.
- 9 Ahmad, J. Optimization of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction / Ahmad J., Langrish T. A. // Journal of Food Engineering, – 2012. – Vol. 109, Issue 1. – P.162–174.
- 10 Highkin, H. R. Photosynthetic studies on a pea-mutant deficient in chlorophyll / Highkin H. R., Boardman N. K., Goodchild, D. J. // Plant physiology, 1969 – Vol.44, Issue 9. – P.1310–1320.

Поступила в редакцию 20.10.2015