

# Исследование динамики содержания малонового диальдегида в консервированном пюре из цветной капусты при различных режимах хранения

**Самойлов Артем Владимирович**

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН  
Адрес: 142703, Московская область, город Видное, ул. Школьная, дом 78  
E-mail: molgen@vniitek.ru*

**Сураева Наталья Михайловна**

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН  
Адрес: 142703, Московская область, город Видное, ул. Школьная, дом 78  
E-mail: nsuraeva@yandex.ru*

**Рачкова Вера Павловна**

*ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им В.М. Горбатова» РАН  
Адрес: 142703, Московская область, город Видное, ул. Школьная, дом 78  
E-mail: vp.rachkova@gmail.com*

Послеуборочное хранение плодовоовощной продукции сопровождается повышением перекисного окисления липидов в цитоплазматической мембране растительных клеток и увеличением концентрации малонового диальдегида, уровень которого сохраняется при дальнейшем консервировании. В организме человека этот альдегид также является продуктом окисления ненасыщенных жирных кислот и способен взаимодействовать с белками, ДНК и другими молекулярными структурами, образуя различные потенциально токсичные аддукты. К числу важных направлений изучения механизмов молекулярной нестабильности пищевых ингредиентов следует отнести изучение их взаимодействий с малоновым диальдегидом. Цель исследования – изучение влияния условий хранения консервированного пюре из цветной капусты на содержание малонового диальдегида. В работе использовали свежую цветную капусту и консервированное пюре из нее. Малоновый диальдегид определяли спектрофотометрическим методом по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой. Было показано, что уровень этого биомаркера в пюре не превышал аналогичных результатов измерений в свежей капусте. Было продемонстрировано линейное снижение уровня малонового диальдегида в пюре при хранении в течение более 4-х месяцев с высоким коэффициентом детерминации ( $R^2 = 0,9796$ ) при комнатной температуре. Повышение температуры хранения консервированного продукта существенно повлияла на скорость деградации малонового диальдегида. Его концентрация снизилась почти на 10% по сравнению с контрольными образцами, которые хранились при комнатной температуре, однако этот эффект не возникал при условии периодического снижения температуры хранения до  $4,0^\circ\text{C}$ . В этом исследовании было обнаружено, что уровень малонового диальдегида в консервированных пищевых продуктах менялся в зависимости от сроков и условий хранения этих продуктов.

**Ключевые слова:** окисление липидов, токсичные аддукты, температура хранения, консервированные овощи, малоновый диальдегид, пюре из цветной капусты, биохимические процессы, токсичность

## Введение

В настоящее время пищевая промышленность проявляет значительный интерес к изучению новых характеристик качества и безопасности продуктов питания с целью эффективной организации их переработки, хранения, а также ускоренного тестирования сроков годности, особенно в случае консервированной продукции. Количество пищевых продуктов растительного происхождения, упакованных в консервированные банки и ламинаты, постоянно увеличивается, благодаря тому, что эти технологии позволяют преодолеть сезонные ограничения доступности овощей и фруктов. Важно отметить, что консервированные продукты можно не только хранить длительное время, но они более удобны для приготовления. Однако известны и определенные недостатки, связанные как с потерей их пищевой ценности во время стерилизации и длительного хранения, так и рисками, обусловленными токсическим действием материала упаковки и использованием различных пищевых добавок (Самойлов, Сураева, Володарская, Глазков и Киреева, 2018, с. 22–26; Atri, Singh, Mathur, Verma, Sharma, 2014, p. 141–150). К тому же эти продукты представлены биологическим материалом, который может подвергаться процессам деградации по истечению времени или условий хранения с образованием различных потенциальных токсичных аддуктов (Uchida, Sakai, Itakura, Osawa, Toyokuni, 1997, p. 45–52). В этой связи представляются особенно актуальными новые подходы к разработке стратегии тестирования продуктов питания, которые направлены на решение задач по сохранению пищевой ценности на основе изучения молекулярных механизмов структурных изменений этих продуктов в процессе их переработки и хранения (Blaauboer, Boobis, Bradford, Cockburn, Constable, Daneshian, Edwards, Garthoff, Jeffery, Krul, Schuermans, 2016, p. 19–35; Самойлов, Сураева, Володарская, Глазков, Киреева, 2018, с. 22–26).

Согласно литературным данным, в последние годы в этом направлении пристальное внимание исследователей направлено на изучение так называемого фактора старения плодовоовощной продукции до ее дальнейшей переработки, учитывая, что овощи и фрукты после сбора урожая подвергаются значительному стрессу из-за внезапного сбоя в поступлении питательных веществ и факторов роста. Старение у растений – сложный, строго регулируемый процесс, связанный с окислительным стрессом

и ингибированием активности ферментов, в результате которого ухудшаются качественные показатели продукции (Page, Griffiths, Buchanan-Wollaston, 2001, p. 718–727; Yang, Su, Prasad, Yang, Cheng, Chen, Yang, Jiang, 2008, p. 2023–2029; Ni, Hu, Song, Ma, Li, Zheng, Fu, Wei, Zhang, 2016, p. 14; Jiang, Feng, Zheng, 2012, p. 188–196; Fan, Kandasamy, Hodges, Critchley, Prithiviraj, 2014, p. 70–74). При этом повышенное перекисное окисление липидов в цитоплазматической мембране растительной клетки является одной из основных характеристик старения, в результате которого возрастает уровень такого высокотоксичного побочного продукта этого процесса, как малонового диальдегида (МДА). Этот альдегид также является характерным продуктом окисления  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 жирных кислот в организме человека. МДА очень реакционноспособное соединение, и способно образовывать ковалентные связи с NH<sub>2</sub>-группами белков и иных молекул с образованием шиффовых оснований (Traverso, Menini, Maineri, Patriarca, Odetti, Cottalasso, Marinari, Pronzato, 2004, p. 890–895). До сих пор неизвестно, являются ли образовавшиеся таким образом структуры стабильными или могут подвергаться дальнейшим спонтанным химическим модификациям. Предполагается, что взаимодействие различных белков в организме человека с физиологическим МДА, в результате которых происходит сшивание этих белков и образование токсичных соединений, может принимать участие в патогенезе многочисленных заболеваний человека, включая атеросклероз, диабет, рак и болезнь Альцгеймера (Slatter, Bolton, Bailey, 2000, p. 550–557; Markesberry, 1995, p. 134–147; Uchida, 2000, p. 1685–1696). При этом обсуждалось, что присутствие дополнительных количеств МДА из пищевых источников может еще более усугубить данную ситуацию при совместном действии на организм (Chen, Chen, 2003, p. 4162–4167). Кроме того, МДА способен к самоконденсации и образованию в физиологических условиях димеров, тримеров и ацетальдегида. Эти продукты также могут вызывать модификации белков. Поэтому изучение взаимодействий МДА с компонентами пищевых продуктов представляет несомненный интерес.

Цветная капуста является популярным продуктом в диете взрослого населения и детей, благодаря содержанию в ее составе большого количества пищевых волокон и биоактивных фитохимических веществ, таких как витамины, минеральные вещества, а также серосодержащие соединения – полифенолы, терпеноиды, глюкозинолаты (Ahmed, Ali, 2013, p. 9; Маланичева, Закирова, Денисова, 2015, с. 33–36). Она обладает анти-

канцерогенным и антиоксидантным действием, как и другие овощи семейства крестоцветных (Çubukçu, Kılıçaslan, Durak, 2019, p. 407–413). При этом цветная капуста является чрезвычайно скоропортящимся продуктом и при хранении подвергается физиологическим изменениям в силу влияния таких факторов, как испарение воды (потеря массы), процессы ферментативной и химической деградации и микробной инфекции (Наумова, Бурмистрова, Бурмистров, 2016, с. 852–856; Raja, Raja, Imran, Rahman, 2011, p. 427–431). Ее температура хранения не должна превышать 0–4 °С, иначе происходит преждевременное гниение, потемнение и размягчение, а также снижение пищевой ценности продукта.

Недавно также было обнаружено, что послеуборочное старение цветной капусты сопровождалось увеличением уровня МДА более, чем в три раза за 6 суток хранения (Siddiqui, Singh, Nayyer, Barman, Ahmad, Kumar, 2015, p. 8). В консервированных высокотемпературной обработкой пищевых продуктах ферментные системы окисления инактивированы и, вероятно, дальнейшее накопление МДА приостановлено. Однако указанные технологические режимы обработки, например, в шпинате не понижали содержание этого альдегида в этом продукте (López-Ayerra, Murcia, Garcia-Carmona, 1998, p. 113–118). Поэтому, присутствующий в консервированных растительных продуктах МДА, вполне способен принять участие в упомянутых выше химических реакциях с компонентами пищевых матриц. Вероятно, что скорость этих реакций могла бы отражать динамику процессов молекулярного старения и аккумуляции токсичных аддуктов при хранении данных продуктов (Vandemoortele, De Meulenaer, 2015, p. 5694–5701). Целью работы было исследование влияния продолжительности и температуры хранения консервированного пюре из цветной капусты на содержание МДА.

## Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали свежую цветную капусту (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) и консервированное пюре из нее для питания детей раннего возраста в стеклянных банках от двух производителей, далее именуемые как образцы А и Б соответственно. Эти продукты были произведены на территории РФ и приобретены в торговой сети. Банки с пюре в зависимости от условий эксперимента хранились согласно условиям хранения от производителей при

комнатной температуре (22–24 °С), в холодильнике (4,0 °С) или термостате (36,8–38,8 °С). При постановке каждого эксперимента по измерению МДА в пюре в выборку образцов отбирались банки с одинаковыми датами производства для каждого производителя.

Навески образцов предварительно гомогенизированной цветной капусты и пюре из каждой банки по 0,2–0,4 г с точностью до четвертого знака после запятой, взвешивали в полимерную пробирку, вместимостью 15 см<sup>3</sup>. Далее добавляли 4 см<sup>3</sup> раствора трихлоруксусной кислоты (Merck, Германия), концентрацией 200 г/дм<sup>3</sup>.

Пробирки плотно закрывали пробками и центрифугировали при 1000 g при температуре 4 °С в течение 15 мин. Отбирали 1 см<sup>3</sup> супернатанта и переносили в чистую полимерную пробирку, вместимостью 15 см<sup>3</sup>. Добавляли 4 см<sup>3</sup> раствора тиобарбитуровой кислоты (0,5000 г тиобарбитуровой кислоты (Диаэм, Россия) в 100 см<sup>3</sup> раствора трихлоруксусной кислоты 200 г/дм<sup>3</sup>). Пробирки закрывали и помещали на водяную баню на 30 мин при 95 °С. Далее пробирки доставали и охлаждали на ледяной бане. После охлаждения пробирки с полученными растворами центрифугировали при 1000 g при температуре 20 °С в течение 10 мин.

С полученными растворами проводили спектрофотометрическое детектирование при 600 и 532 нм.

Содержание МДА (мкмоль/г сырой массы) рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{(ABS_{532} - ABS_{600}) * K}{K_3 * l * m_{нав}} \quad , \quad (1)$$

где  $ABS_{532}$  – значение абсорбции при 532 нм,  
 $ABS_{600}$  – значение абсорбции при 600 нм,  
 $K$  – коэффициент разведения,  
 $K_3$  – молярный коэффициент экстинкции,  
 $l$  – длина пути луча, см  
 $m_{нав}$  – масса навески, г

Статистическую обработку результатов проводили в программах Microsoft Excel и Statistica (v. 12). В работе для сравнительной оценки процентных соотношений был использован анализ средних по критерию Стьюдента с угловым преобразованием Фише.

## Результаты и обсуждение

Уровень МДА был измерен в образцах консервированного пюре из цветной капусты и составил  $17,15 \pm 1,40$ ;  $10,66 \pm 2,39$  и  $7,58 \pm 2,69$  мкмоль/г для одной партии образцов А и 2-х партий образцов Б соответственно. Как видно из Рисунков 1, 2 и 3, во всех образцах А, по сравнению с образцами Б, уровни этого биомаркера были выше и с минимальной разницей между собой.

Известно, что на уровень МДА оказывали влияние условия и сроки хранения этой овощной культуры после сбора урожая. Так было показано, что концентрация МДА в только что снятой с грядки цветной капусте не превышала 8 мкмоль/г, а через 6 суток хранения – уже 26 мкмоль/г (Siddiqui, Singh, Nayyer, Barman, Ahmad, Kumar, 2015, р. 8). Тогда как в наших исследованиях при анализе свежей цветной капусты сразу же после ее приобретения в торговой сети без каких-либо визуальных признаков порчи средний уровень МДА достигал уже  $31,6 \pm$  мкмоль/г. На основании изложенного и с учетом поправок, обусловленных

режимами стерилизации, введение нормы по максимальному содержанию МДА в консервированном пюре может быть использовано для контроля качества используемого сырья, свежей цветной капусты. Так как существенное превышение концентрации МДА от указанного предела может служить основанием для проверки регламентированных сроков и условий хранения и транспортировки исходного сырья.

Необходимо отметить, что нам не удалось найти литературных источников с данными об изменении содержания МДА и его аддуктов в консервированных продуктах растительного происхождения при хранении. Поэтому была изучена динамика содержания МДА при хранении во второй партии образцов А при комнатной температуре. Этот производитель был выбран на основании более однородных результатов по измерению МДА в пюре из разных банок (Рисунок 1). Однако вторая партия образцов А отличалась от первой более высокой исходной концентрацией МДА и более поздним сроком изготовления, при этом первое измерение было проведено через 7 месяцев после изготовления этого пюре

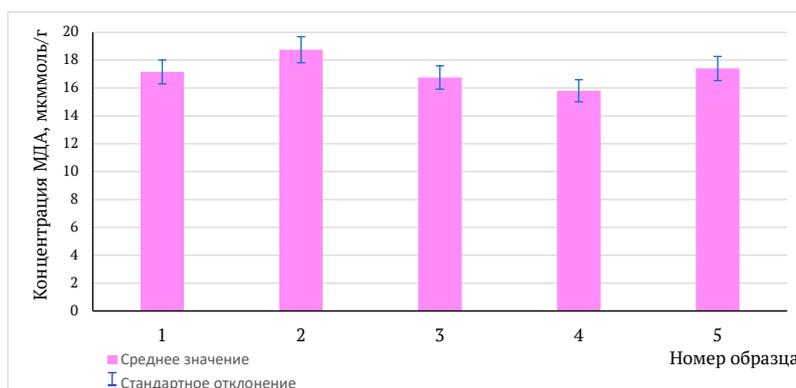


Рисунок 1. Уровень МДА в образцах А через месяц после изготовления пюре.

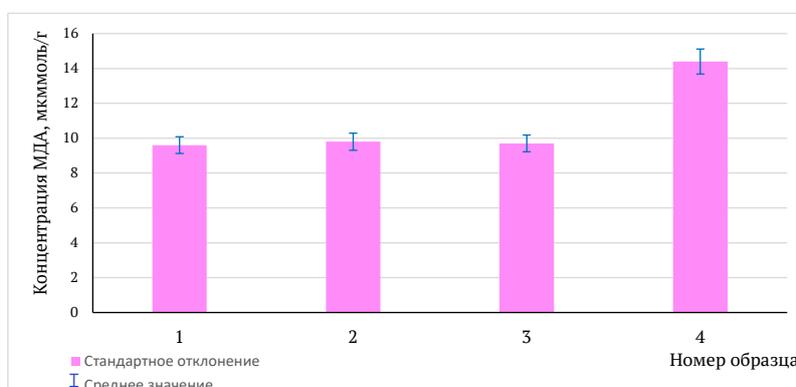


Рисунок 2. Уровень МДА в образцах Б через месяц после изготовления пюре.

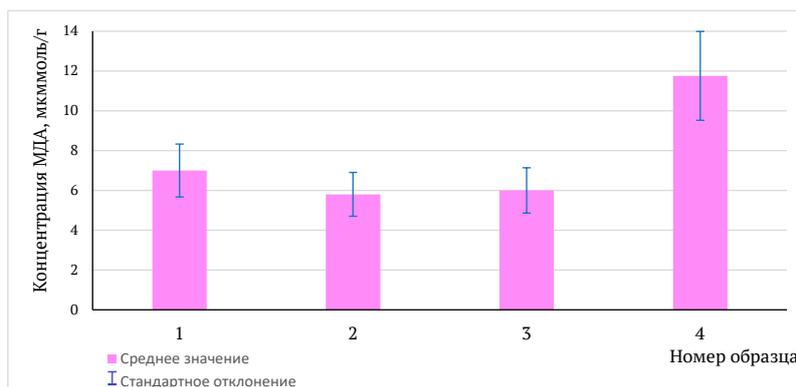


Рисунок 3. Уровень МДА в образцах Б через четыре месяца после изготовления пюре.

(Рисунок4). Было обнаружено линейное снижение уровня МДА в пюре при хранении в течение следующих 4-х месяцев с высоким коэффициентом детерминации ( $R^2 = 0,9796$ ). Таким образом, при хранении стерилизованных консервов, в отличие от свежей плодоовощной продукции, в результате химических реакций уровень свободного МДА, как и предполагалось, не повышался, а снижался. Скорее всего, убыль этого альдегида обусловлена образованием между ним и пищевыми белками упомянутых выше аддуктов или иных соединений, также как это происходило при его инкубации в модельных средах с белками (Vandemoortele, De Meulenaer, 2015, p. 5694–5701; Traverso, Menini, Maineri, Patriarca, Odetti, Cottalasso, Marinari, Pronzato, 2004, p. 890–895). Однако токсический потенциал аддуктов, образованных при участии МДА в растительной консервированной продукции, еще предстоит исследовать с помощью систем биотестирования (Федулова, Василевская, Котенкова и Кашинова, 2018, с. 33–37; Сураева, Воротеляк, Прокофьев,

Самойлов, Васильев, Терских, Барышников, 2008, с. 408-410; Самойлов, Сураева, Зайцева, Курбанова, Столбова, 2019, с. 83-90).

Известно, что повышенная температура хранения пищевых продуктов существенно влияла на скорость химических реакций. В следующих экспериментах также были использованы образцы А из второй партии, которые подвергались влиянию высоких и низких температур хранения. Как видно из Таблицы 1, в образцах А из второй партии после хранения в термостате ( $39,0^{\circ}\text{C}$ ) концентрация МДА существенно снизилась по сравнению с контролем (комнатная температура).

Тогда как при использовании режима ежедневного чередования хранения банок, соответственно, в холодильнике ( $4,0^{\circ}\text{C}$ ) и термостате, указанной разницы зафиксировано не было (Таблица 1). Эти данные согласовались с результатами экспериментов по извлечению добавленного МДА из фосфатного буферного раствора в присут-

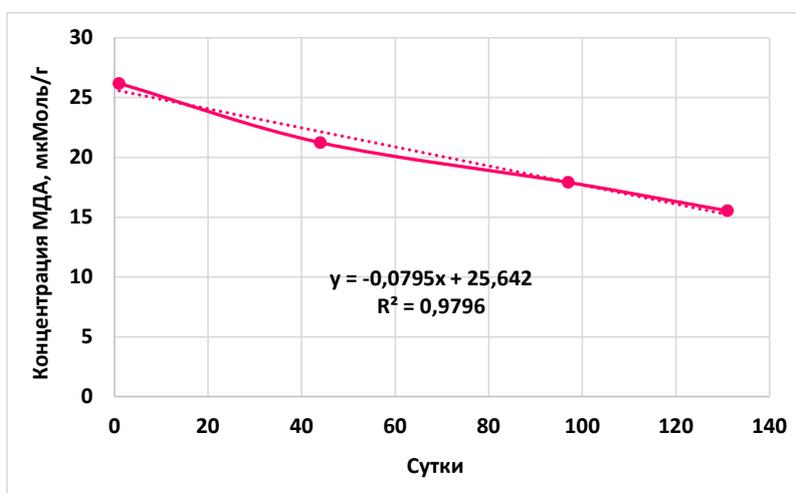


Рисунок 4. Динамика содержания МДА при хранении в условиях комнатной температуры в образцах А.

Таблица 1

*Динамика изменения концентрации МДА в образцах А при хранении в термостате и холодильнике*

Условия хранения пюре	Снижение уровня МДА по сравнению с контролем, %
В термостате в течение 30 суток	9,9
В термостате и холодильнике в течение 23 суток	0,0

ствии или отсутствии (контроль) двух пищевых белков после их инкубации при 40,0 и 4,0°C (Vandemoortele, De Meulenaer, 2015, p. 5694–5701). Оказалось, что в присутствии белков при 40,0°C удалось извлечь от 58,58 до 30,36% добавленного МДА, а в контроле – 91,77%. Тогда как при 4,0°C выход данного альдегида незначительно отличался от контрольных значений. При этом, что эффективность взаимодействия МДА с белками зависела от того, какой из белков был добавлен. Важно отметить, что хранение пищевых растительных консервов при высоких температурах значительно влияло на деградацию МДА, а, значит, и могло бы стать причиной повышения скорости накопления упомянутых выше аддуктов. Таким образом, если концентрация данного альдегида при измерении в начале срока хранения пюре отражала длительность послепереработочного хранения исходного сырья в случае использования свежей продукции, то скорость ее снижения в процессе хранения консервированных продуктов зависела от технологии производства и условий их хранения. Вероятно, что в последнем варианте можно прийти к выводу, что чем медленнее снижается уровень МДА, тем менее активны химические реакции и лучше качество продукта.

### Заключение

В результате исследований был впервые проведен мониторинг биомаркера перекисного окисления липидов, малонового диальдегида в консервированной продукции растительного происхождения. На основании сравнительного анализа полученных результатов было сделано заключение, что повышение уровня МДА в консервированном пюре из цветной капусты, вероятно, связано с увеличением сроков и несоблюдением условий хранения и транспортировки исходного сырья, свежей капусты. Обнаруженная отрицательная динамика содержания МДА при различных режимах хранения консервированного пюре из цветной капусты, возможно, отражала структурную нестабильность данной продукции и вероятность появления нежелательных аддуктов его взаимодействия с пищевыми белками. Таким образом, этот биомаркер может быть полезен

в качестве индикатора активности химических реакций при выборе режимов переработки и упаковки с целью производства консервированной продукции лучшего качества. На этом же принципе может быть построена модель ускоренного тестирования сроков хранения данных продуктов при повышенной температуре, используя «метод начальной скорости».

### Литература

- Маланичева Т.Г., Закирова А.М., Денисова С.Н. Клиническая эффективность диетотерапии с включением злакового и биоорганического овощного прикорма у детей раннего возраста с атопическим дерматитом // Вопросы детской диетологии. 2015. Т. 13. № 1. С. 33–36.
- Наумова Н.Л., Бурмистрова О.М., Бурмистров Е.А. Оценка качества и безопасности капустных овощей на примере цветной капусты и брокколи // АПК России. 2016. Т. 23. № 4. С. 852–856.
- Самойлов А.В., Сураева Н.М., Володарская Т.К., Глазков С.В., Киреева Н.А. Контроль качества и безопасности пищевой продукции растительного происхождения // Контроль качества продукции. 2018. № 12. С. 22–26.
- Самойлов А.В., Сураева Н.М., Зайцева М.В., Курбанова М.Н., Столбова В.В. Сравнительная оценка токсичности пищевых подсластителей в экспресс-биотесте // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 83–90.
- Сураева Н.М., Воротеляк Е.А., Прокофьев М.И., Самойлов А.В., Васильев А.В., Терских В.В., Барышников А.Ю. Получение, характеристика и долгосрочное культивирование примордиальных половых и бластодермальных клеток кур // Доклады Академии наук. 2008. Т. 423. № 3. С. 408–410.
- Федулова Л.В., Василевская Е.Р., Котенкова Е.А., Кашинова Э.Б. Применение альтернативных методов биомоделирования для изучения эффективности функциональных продуктов питания // Пищевые системы. 2018. Т. 1. № 3. С. 33–37. doi:10.21323/2618-9771-2018-1-3-33-37
- Ahmed F. A., Ali R. F. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower // Biomed Research International.

2013. P. 9. doi:10.1155/2013/367819.
- Atri R., Singh A., Mathur N., Verma A., Sharma S. Analysis of genotoxic and cytotoxic potential of canned food products using microbial bioassays // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2014. Vol. 15. No. 2. P. 141–150.
- Blaauboer B.J., Boobis A.R., Bradford B., Cockburn A., Constable A., Daneshian M., Edwards G., Garthoff J.A., Jeffery B., Krul C., Schuermans J. Considering new methodologies in strategies for safety assessment of foods and food ingredients // Food and Chemical Toxicology. 2016. Vol. 91. P. 19–35. doi: 10.1016/j.fct.2016.02.019.
- Chen Y.C., Chen B.- H. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in fumes from fried chicken legs // J. Agric. Food Chem. 2003. Vol. 51. P. 4162–4167.
- Çubukçu H.C., Kılıçaslan N.S.D., Durak İ. Different effects of heating and freezing treatments on the antioxidant properties of broccoli, cauliflower, garlic and onion. An experimental in vitro study // Sao Paulo Med. J. 2019. Vol. 137. No. 5. P. 407–413. doi: 10.1590/1516-3180.2019.004406082019.
- Jiang T., Feng L., Zheng X. Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) // J. Agric. Food Chem. 2012. Vol. 60. No. 1. P. 188–196. dx.doi.org/10.1021/jf202638u.
- Fan D., Kandasamy S., Hodges D.M., Critchley A.T., Prithiviraj B. Pre-harvest treatment of spinach with *Ascophyllum nodosum* extract improves post-harvest storage and quality // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 170. P. 70–74. doi: 10.1016/j.scienta.2014.02.038.
- López-Ayerra B., Murcia M.A., Garcia-Carmona F. Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing // Food Chemistry. 1998. Vol. 61. No. 1–2. P.113–118.
- Markesberry W.R. Oxidative stress hypothesis in Alzheimer's disease // Free Radic. Biol. Med. 1995. Vol. 23. P. 134–147.
- Ni Z.J., Hu K.D., Song C.B., Ma R.H., Li Z.R., Zheng J.L., Fu L.H., Wei Z.J., Zhang H. Hydrogen sulfide alleviates postharvest senescence of grape by modulating the antioxidant defenses // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2016. P. 14. http://dx.doi.org/10.1155/2016/4715651.
- Page T., Griffiths G., Buchanan-Wollaston V. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli // Plant Physiol. 2001. Vol. 125. No. 2. P. 718–727.
- Raja M.M., Raja A., Imran M.M., Rahman A.H.A. Quality aspects of cauliflower during storage // International Food Research Journal. 2011. Vol. 18. P. 427–431.
- Siddiqui M.W., Singh J.P., Nayyer M.A., Barman K., Ahmad M.S., Kumar V. 6-Benzylaminopurine affects lipid peroxidation and membrane permeability and thereby preserves curd quality and antioxidants during storage of cauliflower // Acta Physiologiae Plantarum. 2015. Vol. 37. No. 96. P. 8. doi:10.1007/s11738-015-1848-1.
- Slatter D.A., Bolton D.H., Bailey A.J. The importance of lipid derived malondialdehyde in diabetes mellitus // Diabetologia. 2000. Vol. 43. P. 550–557.
- Traverso N., Menini S., Maineri E.P., Patriarca S., Odetti P., Cottalasso D., Marinari U.M., Pronzato M.A. Malondialdehyde, a lipoperoxidation-derived aldehyde, can bring about secondary oxidative damage to proteins // J. Gerontol A Biol. Sci. Med. Sci. 2004. Vol. 59. No. 9. P. 890–895.
- Uchida K. Role of reactive aldehyde in cardiovascular diseases // Free Radic. Biol. Med. 2000. Vol. 28. P. 1685–1696.
- Uchida K., Sakai K., Itakura K., Osawa T., Toyokuni S. Protein modification by lipid peroxidation products: formation of malondialdehyde-derived N-(2-propenal)lysine in proteins // Arch. Biochem. Biophys. 1997. Vol. 346. P. 45–52.
- Vandemoortele A., De Meulenaer B. Behavior of malondialdehyde in oil-in-water emulsions // J. Agric. Food Chem. 2015. Vol. 63. No. 23. P. 5694–5701. doi: 10.1021/acs.jafc.5b01780.
- Yang S., Su X., Prasad K.N., Yang B., Cheng G., Chen Y., Yang E., Jiang Y. Oxidation and peroxidation of postharvest banana fruit during softening // Pak. J. Bot. 2008. Vol. 40. No. 5. P. 2023–2029.

# Study of the Dynamics of Malondialdehyde Content in Canned Cauliflower Puree under Different Storage Conditions

**Artem V. Samoylov**

*Russian Research Institute of Canning Technology –  
Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems for RAS  
Shkolnaia Str. 78, Vidnoe, Moscow Region, 142703, Russian Federation  
E-mail: molgen@vniitek.ru*

**Natal'ya M. Suraeva**

*Russian Research Institute of Canning Technology –  
Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems for RAS  
Shkolnaia Str. 78, Vidnoe, Moscow Region, 142703, Russian Federation  
E-mail: nsuraeva@yandex.ru*

**Vera. P. Rachkova**

*Russian Research Institute of Canning Technology –  
Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems for RAS  
Shkolnaia Str. 78, Vidnoe, Moscow Region, 142703, Russian Federation  
E-mail: vp.rachkova@gmail.com*

Post-harvest storage of fruit and vegetable products is accompanied by an increase in lipid peroxidation in the cytoplasmic membrane of plant cells and an increase in the concentration of malondialdehyde, the level of which is maintained during further conservation. In the human body this aldehyde is also the product of the oxidation of unsaturated fatty acids and is able to interact with proteins, DNA and other molecular structures, forming various potentially toxic adducts. Among the important directions of studying the mechanisms of molecular instability of food ingredients is the study of their interactions with malondialdehyde. The purpose of the study was to study the effect of storage conditions of canned cauliflower puree on the content of malondialdehyde. We used fresh cauliflower and canned puree from it. Malondialdehyde was determined spectrophotometrically by color reaction with thiobarbituric acid. It was shown that the level of this biomarker in mashed potatoes did not exceed the similar results of measurements in fresh cabbage. A linear decrease in the level of malondialdehyde in mashed potatoes was demonstrated during storage for more than 4 months with a high coefficient of determination ( $R^2 = 0.9796$ ) at room temperature. An increase in the storage temperature of the canned product significantly affected the rate of degradation of malondialdehyde. Its concentration decreased by almost 10% compared with control samples that were stored at room temperature, but this effect did not occur if the storage temperature was periodically reduced to 4.0 °C. In this study, it was found that the level of malondialdehyde in canned foods varied depending on the shelf life and storage conditions of these foods.

**Keywords:** lipid peroxidation, toxic adducts, storage temperature, canned vegetables, malondialdehyde, mashed cauliflower, biochemical processes, toxicity

## References

- Malanicheva T.G., Zakirova A.M., Denisova S.N. Klinicheskaya effektivnost dietoterapii s vklucheniem zlakovogo i bioorganicheskogo ovoshchnogo prikorma u detej rannego vozrasta s atopicheskim dermatitom [Clinical effectiveness of diet therapy with the inclusion of cereals and Bioorganic vegetable complementary foods in young children with atopic dermatitis]. *Voprosy detskoj dietologii [Pediatric Nutrition]*, 2015, vol. 13, no. 1, pp. 33–36.
- Naumova N.L., Burmistrova O.M., Burmistrov E.A.

- Ocenka kachestva i bezopasnosti kapustnyh ovoshchej na primere cvetnoj kapusty i brokkoli [Assessment of the quality and safety of cabbage vegetables on the example of cauliflower and broccoli]. *APK Rossii [Agro-Industrial Complex of Russia]*, 2016, vol. 23, no. 4, pp. 852–856.
- Samojlov A.V., Suraeva N.M., Volodarskaya T.K., Glazkov S.V., Kireeva N.A. Kontrol kachestva i bezopasnosti pishchevoj produkcii rastitelnogo proiskhozhdeniya [Quality and safety control of food products of plant origin]. *Kontrol kachestva produkcii [Production Quality Control]*, 2018, no. 12, pp. 22–26.
- Samojlov A.V., Suraeva N.M., Zajceva M.V., Kurbanova M.N., Stolbova V.V. Sravnitel'naya ocenka toksichnosti pishchevyh podslastitelej v ekspress-bioteste [Comparative assessment of artificial sweeteners toxicity via express biotest]. *Analiz riska zdorovyu [Health Risk Analysis]*, 2019, no. 2, pp. 83–90.
- Suraeva N.M., Vorotelyak E.A., Prokofev M.I., Samojlov A.V., Vasilev A.V., Terskih V.V., Baryshnikov A.Yu. Poluchenie, harakteristika i dolgosrochnoe kultivirovanie primordialnyh polovyh i blastodermalnyh kletok kur [Isolation, characteristics, and long-term culturing of chicken gonadal primordial germ cells and blastodermal cells]. *Doklady Akademii nauk [Doklady Biological Sciences]*, 2008, vol. 423, no. 3, pp. 408–410.
- Fedulova L.V., Vasilevskaya E.R., Kotenkova E.A., Kashinova E.B. Primenenie alternativnyh metodov biomodelirovaniya dlya izucheniya effektivnosti funktsionalnyh produktov pitaniya [Alternative methods of biomodeling for functional food products effectiveness research]. *Pishchevye sistemy [Food Systems]*, 2018, vol. 1, no. 3, pp. 33–37.
- Ahmed F.A., Ali R.F. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh and processed white cauliflower. *Biomed Research International*, 2013, p. 9.
- Atri R., Singh A., Mathur N., Verma A., Sharma S. Analysis of genotoxic and cytotoxic potential of canned food products using microbial bioassays. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2014, vol. 15, no. 2, pp. 141–150.
- Blaauboer B.J., Boobis A.R., Bradford B., Cockburn A., Constable A., Daneshian M., Edwards G., Garthoff J.A., Jeffery B., Krul C., Schuermans J. Considering new methodologies in strategies for safety assessment of foods and food ingredients. *Food and Chemical Toxicology*, 2016, vol. 91, pp. 19–35.
- Chen Y.C., Chen B.- H. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in fumes from fried chicken legs. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, vol. 51, pp. 4162–4167.
- Çubukçu H.C., Kılıçaslan N.S.D., Durak İ. Different effects of heating and freezing treatments on the antioxidant properties of broccoli, cauliflower, garlic and onion. An experimental in vitro study. *Sao Paulo Med. J.*, 2019, vol. 137, no. 5, pp. 407–413.
- Jiang T., Feng L., Zheng X. Effect of chitosan coating enriched with thyme oil on postharvest quality and shelf life of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *J. Agric. Food Chem.*, 2012, vol. 60, no. 1, pp. 188–196.
- Fan D., Kandasamy S., Hodges D.M., Critchley A.T., Prithiviraj B. Pre-harvest treatment of spinach with *Ascophyllum nodosum* extract improves post-harvest storage and quality. *Scientia Horticulturae*, 2014, vol. 170, pp. 70–74.
- López-Ayerra B., Murcia M.A., Garcia-Carmona F. Lipid peroxidation and chlorophyll levels in spinach during refrigerated storage and after industrial processing. *Food Chemistry*, 1998, vol. 61, no. 1–2, pp. 113–118.
- Markesberry W.R. Oxidative stress hypothesis in Alzheimer's disease. *Free Radic Biol. Med.*, 1995, vol. 23, pp. 134–147.
- Ni Z. J., Hu K.D., Song C.B., Ma R.H., Li Z.R., Zheng J.L., Fu L.H, Wei Z.J., Zhang H. Hydrogen sulfide alleviates postharvest senescence of grape by modulating the antioxidant defenses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, p. 14.
- Page T., Griffiths G., Buchanan-Wollaston V. Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiol*, 2001, vol. 125, no. 2, pp.718–727.
- Raja M.M., Raja A., Imran M.M., Rahman A.H.A. Quality aspects of cauliflower during storage. *International Food Research Journal*, 2011, vol. 18, pp. 427–431.
- Siddiqui M.W., Singh J.P., Nayyer M.A., Barman K., Ahmad M.S., Kumar V. 6-Benzylaminopurine affects lipid peroxidation and membrane permeability and thereby preserves curd quality and antioxidants during storage of cauliflower. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2015, vol. 37, no. 96, p. 8.
- Slatter D.A., Bolton D.H., Bailey A.J. The importance of lipid derived malondialdehyde in diabetes mellitus. *Diabetologia*, 2000, vol. 43, pp. 550–557.
- Traverso N., Menini S., Maineri E.P., Patriarca S., Odetti P., Cottalasso D., Marinari U.M., Pronzato M.A. Malondialdehyde, a lipoperoxidation-derived aldehyde, can bring about secondary oxidative damage to proteins. *J. Gerontol A Biol. Sci. Med. Sci.*, 2004, vol. 59, no. 9, pp. B890–895.
- Uchida K. Role of reactive aldehyde in cardiovascular diseases. *Free Radic Biol. Med.*, 2000, vol. 28, pp. 1685–1696.
- Uchida K., Sakai K., Itakura K., Osawa T., Toyokuni

- S. Protein modification by lipid peroxidation products: formation of malondialdehyde-derived N-(2-propenal)lysine in proteins. *Arch. Biochem. Biophys*, 1997, vol. 346, pp. 45–52.
- Vandemoortele A., De Meulenaer B. Behavior of malondialdehyde in oil-in-water emulsions. *J. Agric. Food Chem*, 2015, vol. 63, no. 23, pp. 5694–5701.
- Yang S., Su X., Prasad K.N., Yang B., Cheng G., Chen Y., Yang E., Jiang Y. Oxidation and peroxidation of postharvest banana fruit during softening. *Pak. J. Bot*, 2008, vol. 40, no. 5, pp. 2023–2029.