

ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЯБЛОЧНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ НА ЧИПСЫ

А. Н. Никитенко, З. Е. Егорова

При производстве сухих завтраков необходимо учитывать характер протекающих в исходном сырье биологических процессов, в частности изменение активности ферментов. Исследовано влияние вида и режима тепловой обработки на изменение активности ферментов аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы яблочного сырья белорусской зоны произрастания в процессе переработки на чипсы. Установлено, что на изменение активности окислительно-восстановительных ферментов яблочного сырья, наряду с воздействием тепловой обработки, существенное влияние оказывают сортовые особенности яблок. Активность аскорбиноксидазы, полифенолоксидазы и пероксидазы предложена в качестве дополнительного параметра для выбора сортов при переработке и характеризующего качество готовых яблочных чипсов.

Введение

Современная культура питания включает разнообразные пищевые продукты, среди которых существенная роль принадлежит сухим завтракам. Данная группа продуктов включает: зерновые хлопья, крекеры, сухофрукты, мюсли, чипсы, в т.ч. яблочные и др. [1].

При производстве сухих завтраков сырьё и полуфабрикаты подвергаются различным видам обработки: механической, физической и термической и др. Все они, даже весьма кратковременные, вызывают глубокие биохимические изменения, влияющие не только на внешний вид, но и на пищевую ценность готовых продуктов. К таким изменениям относятся ферментативные реакции, протекающие в растительном сырье на различных стадиях технологического процесса.

Существенная роль при этом принадлежит действию окислительно-восстановительных (red-ox) ферментов, в число которых входят: аскорбиноксидаза, пероксидазы и фенолоксидазы [2].

Каталитическое действие фермента аскорбиноксидазы (АО) связано со снижением витаминной активности аскорбиновой кислоты. Пероксидазы (ПО) и фенолоксидазы (о-полифенолоксидазы, фенолазы, тирозиназа), содержащиеся практически во всех фруктах, катализируют реакции окисления в плодах, превращая полифенолы и некоторые ароматические амины в соединения различной окраски, в первую очередь тёмной [3]. Известно, что действие пероксидазы и полифенолоксидазы (ПФ) приводит к нежелательному потемнению сушеных плодов и овощей [2].

Теоретические аспекты инактивации ферментов при технологической переработке фруктов и овощей рассмотрены в работах ряда авторов [2, 4–5]. Наибольшее внимание изменение активности ферментов уделено при производстве консервов [2, 6], в частности при производстве соков [7–9]. Изучено ферментативное потемнение готовых к употреблению в пищу минимально обработанных яблок различных сортов при холодильном хранении в модифицированной газовой среде [10] и обычной среде [11]. Дана оценка эффективности предотвращения ферментативного потемнения ломтиков яблок путём погружения в растворы мёда, а также обработкой смесью L-цистеина, койевой кислоты и 4-гексилрезорцина [9, 11].

Анализ литературных источников показал недостаточность данных по оценке активности red-ox-ферментов при производстве сухих продуктов из яблок.

Учитывая вышеизложенное, целью данной работы было исследование влияния вида и режима тепловой обработки на изменение активности ферментов аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы яблочного сырья белорусской зоны произрастания в процессе переработки на чипсы.

Результаты исследований и их обсуждение

Для достижения поставленной цели в качестве объектов исследования были выбраны:

– полуфабрикаты яблочных чипсов: пластинки яблок сортов Алеса, Белорусское малиновое, Банановое и Имант урожая 2010 г., бланшированные в сахарокислотных растворах раз-

личных концентраций (таблица 1) в течении 3 и 5 мин;

Таблица 1 – Состав растворов бланширования

Ингредиенты	Массовая концентрация ингредиентов в растворе, %	
	раствор 1	раствор 2
сахароза	15	30
аскорбиновая кислота	2	1
лимонная кислота	0,5	1

– яблочные чипсы, изготовленные по технологической схеме, [12] представленной на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурная схема процесса производства яблочных чипсов

Активность ферментов исследовали с использованием фотоколориметрического метода:

– аскорбиноксидазы – по изменению остатка неокисленной аскорбиновой кислоты, допуская, что степень её окисления пропорциональна активности фермента (при 265 нм) [13];

– пероксидазы – по скорости ферментативной реакции окисления бензидина с образованием продукта синего цвета [14];

– полифенолоксидазы – по измерению оптической плотности продуктов реакции, образованных при окислении пирокатехина в присутствии диэтилпарафенилендиамин [15].

Об изменении активности указанных ферментов судили по отношению значения активности ферментов полуфабрикатов и готовых яблочных чипсов к активности ферментов яблочного сырья (таблица 2), в процентах [16]. Все эксперименты по изучению активности ферментов при производстве яблочных чипсов были проведены из яблок спустя 1 месяц хранения при температуре 0 °С – 1 °С и относительной влажности окружающей среды 90 % – 95 %.

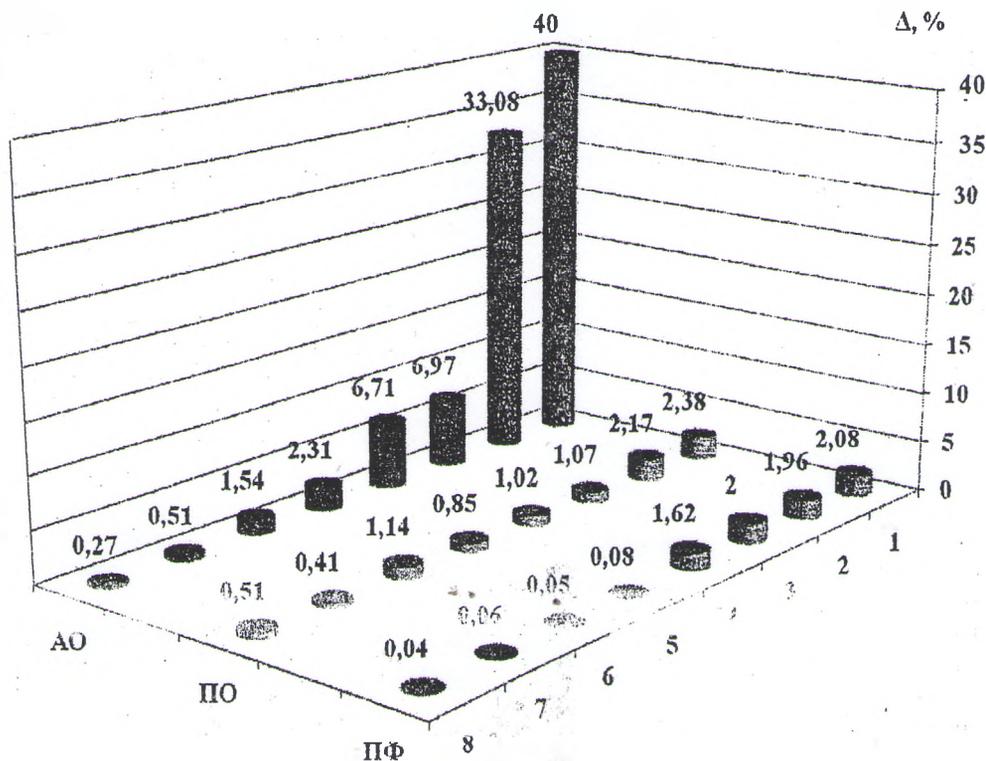
Таблица 2 – Активность ферментов яблок, районированных на территории Республики Беларусь

Активность ферментов (Е)	Сорта позднезимнего срока созревания		Сорта позднезимнего-позднелетнего срока созревания	
	Алеся	Имант	Банановое	Бел. малиновое
Аскорбиноксидаза, мкмоль аскорбиновой кислоты/мин·г	$1,2 \cdot 10^{-2} \pm 1,7 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-2} \pm 2,1 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-2} \pm 1 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-2} \pm 1,2 \cdot 10^{-3}$
Пероксидаза, мкмоль бензидина/мин·г	$5,8 \cdot 10^{-3} \pm 8,71 \cdot 10^{-4}$	$1,43 \cdot 10^{-2} \pm 1,05 \cdot 10^{-4}$	$7,59 \cdot 10^{-3} \pm 1,08 \cdot 10^{-4}$	$3,69 \cdot 10^{-2} \pm 2,03 \cdot 10^{-4}$
Полифенолоксидаза, мкмоль пирокатехина/мин·г	$5,31 \cdot 10^{-2} \pm 1,54 \cdot 10^{-4}$	$2,92 \cdot 10^{-2} \pm 1,31 \cdot 10^{-4}$	$2,03 \cdot 10^{-3} \pm 2,08 \cdot 10^{-4}$	$1,93 \cdot 10^{-2} \pm 7,37 \cdot 10^{-4}$

Результаты влияния продолжительности бланширования и состава растворов на изменение активности аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы, относительно исходной величины в свежих яблоках, приведены на рисунках 2–4.

Как видно из приведенных данных на рисунках 2–3 бланширование в сахарокислотном растворе привело к резкому снижению активности пероксидазы (на 99,01 % – 97,62 %) и полифенолоксидазы (на 98,67 % – 97,92 %) в яблоках сортов Алеся позднезимнего срока созревания и Белорусское малиновое позднелетнего – позднелетнего срока созревания. Иная картина

наблюдалась в отношении активности аскорбиноксидазы. Бланширование яблочных пластинок (сорт Алеся) привело к инактивации данного фермента на 60,00–66,92% (в растворе 1) и на 62,3 % – 66,46 % (в растворе 2), а пластинок яблок (сорт Белорусское малиновое) – на 93,29 % – 93,03 % (в растворе 1) и 93,55 % – 93,42 % (в растворе 2).



- 1 – пластинки яблок (сорт Алеся), бланшированные 3 мин;
- 2 – пластинки яблок (сорт Алеся), бланшированные 5 мин;
- 3 – пластинки яблок (сорт Бел. малиновое), бланшированные 3 мин;
- 4 – пластинки яблок (сорт Бел. малиновое), бланшированные 5 мин;
- 5 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Алеся, бланшированных 3 мин;
- 6 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Алеся, бланшированных 5 мин;
- 7 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Бел. малиновое, бланшированных 3 мин;
- 8 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Бел. малиновое, бланшированных 5 мин

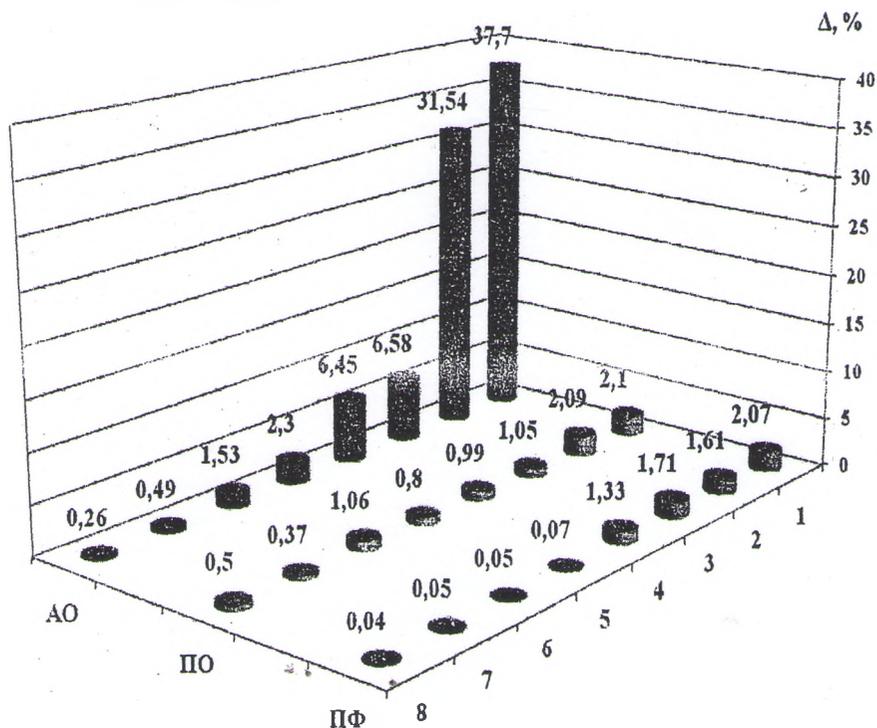
Рисунок 2 – Изменение активности ферментов аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы при производстве чипсов из яблок сортов Алеся и Белорусское малиновое (раствор 1)

Критическим для данных ферментов стал этап сушки, который способствовал снижению активности ферментов в чипсах из яблок сортов Алеся и Белорусское малиновое практически до одинакового уровня: аскорбиноксидазы на 97,69 % – 99,74 %, пероксидазы на 98,86 % – 99,63 % и полифенолоксидазы на 99,92 % – 99,96 % от исходной активности. Также, из рисунка 2–3 видно, что в большей степени снизилась активность полифенолоксидазы, в меньшей – аскорбиноксидазы.

Несколько иные выводы можно сделать в отношении влияния бланширования и сушки на активность аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы яблок сортов Имант (позднезимнего срока созревания) и Банановсе (позднезимнего – поздневесеннего срока созревания) (рисунок 4).

Бланширование пластинок яблок в течение 3 или 5 мин. оказало практически одинаковое действие на все исследуемые нами ферменты: активность аскорбиноксидазы снизилась на 91,6 % – 92,7 %, пероксидазы – на 89,2 % – 91,1 %, полифенолоксидазы – на 93,14 % – 99,35 % (рисунок 3). Такая же тенденция к снижению активности red-ox ферментов наблюдалась

и после сушки бланшированных пластинок яблок сортов Банановое и Иман: произошло значительное снижение активности ферментов аскорбиноксидазы и полифенолоксидазы, по сравнению с пероксидазой (рисунок 4).



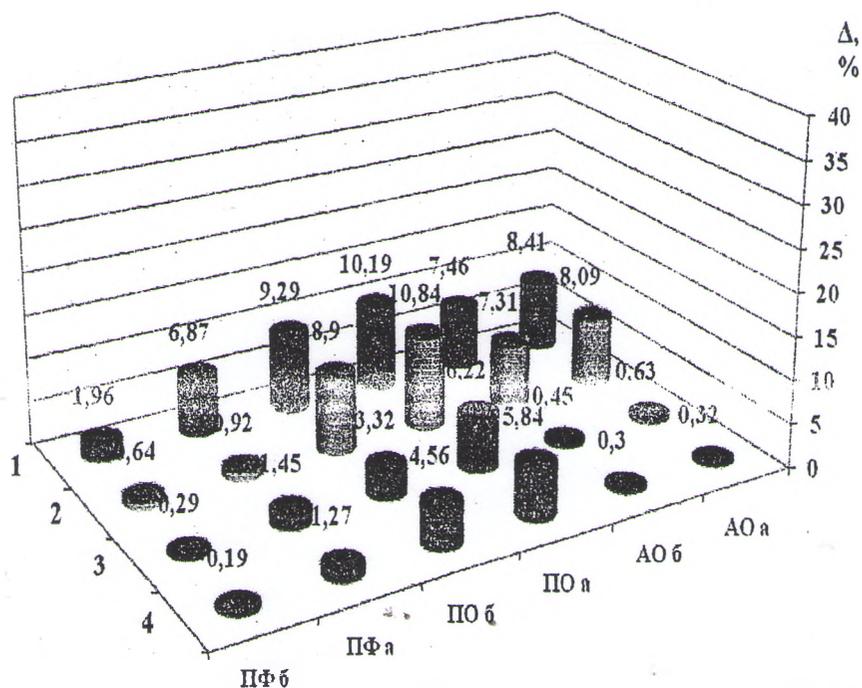
- 1 – пластинки яблок (сорт Алеся), бланшированные 3 мин;
- 2 – пластинки яблок (сорт Алеся), бланшированные 5 мин;
- 3 – пластинки яблок (сорт Бел. малиновое), бланшированные 3 мин;
- 4 – пластинки яблок (сорт Бел. малиновое), бланшированные 5 мин;
- 5 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Алеся, бланшированных 3 мин;
- 6 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Алеся, бланшированных 5 мин;
- 7 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Бел. малиновое, бланшированных 3 мин;
- 8 – яблочные чипсы из пластинок яблок сорта Бел. малиновое, бланшированных 5 мин

Рисунок 3 – Изменение активности ферментов аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы при производстве чипсов из яблок сортов Алеся и Белорусское малиновое (раствор 2)

Из данных, приведенных на рисунке 2–4 видно, что для всех рассматриваемых сортов яблок степень инактивация полифенолоксидазы была практически одинакова, а инактивация пероксидазы была наименьшей в образцах из яблок сорта Банановое. Поскольку на потребительские характеристики яблочных чипсов существенное влияние оказывает действие полифенолоксидазы и пероксидазы, то из всех рассматриваемых нами в данной работе сортов яблок наименее пригодными для производства чипсов можно считать яблоки сорта Банановое.

Сравнивая динамику изменения активности ферментов (рисунок 2–4) в яблоках позднелетнего (Алеся и Имант) позднелетнего-позднелетнего (Банановое и Белорусское малиновое) срока созревания нами было отмечено следующее: снижение активности аскорбиноксидазы и пероксидазы внутри каждой рассматриваемой группы носило неодинаковый характер, а уменьшение активности полифенолоксидазы было практически одинаковым на всех этапах для сортов двух рассматриваемых групп (рисунок 2–4). Несмотря на различный характер изменения активности ферментов в процессе переработки на чипсы яблок различных сортов, воздействие рассматриваемых видов и режимов тепловой обработки привело к снижению активности всех рассматриваемых окислительных ферментов до минимальных значений од-

ного диапазона: аскорбиноксидазы – $(2,0 \cdot 10^{-4} - 4,0 \cdot 10^{-4})$ мкмоль аскорбиновой кислоты/мин·г, пероксидазы – $(5,0 \cdot 10^{-5} - 8,0 \cdot 10^{-5})$ мкмоль бензидина/мин·г, полифенолоксидазы – $(1,4 \cdot 10^{-5} - 9,4 \cdot 10^{-6})$ мкмоль пирокатехина/мин·г.



- 1 – пластинки яблок, бланшированные 3 мин;
 2 – пластинки яблок, бланшированные 5 мин;
 3 – яблочные чипсы из пластинок яблок, бланшированных 3 мин;
 4 – яблочные чипсы из пластинок яблок, бланшированных 5 мин

Рисунок 4 – Изменение активности ферментов аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы при производстве чипсов из яблок сортов: а – Банановое; б – Имант (раствор 1)

Заключение

Более эффективным для снижения активности ферментов является использование гидро-термической обработки в течение 5 минут, однако для окончательного принятия решения о продолжительности данного технологического этапа необходимо учитывать изменение пищевой ценности, степень деструкции биологически активных веществ перерабатываемого сырья и экономические показатели процесса. На изменение активности ферментов наряду с воздействием термических процессов и технологических приёмов существенное влияние оказывают и сортовые особенности сырья. Поэтому при выборе сортов яблок для производства яблочных чипсов необходимо учитывать активность red-ox ферментов исходного сырья.

С точки зрения изменения активности ферментов при технологической переработке на чипсы из всех рассмотренных сортов яблок позднелетнего и поздневесеннего срока созревания наименее пригодными оказались яблоки сорта Банановое. Активность рассмотренных ферментов – аскорбиноксидазы, пероксидазы и полифенолоксидазы может быть дополнительным параметром, определяющим отбор сортов для промышленной переработки и характеризующим качество яблочных чипсов.

Литература

1 Никитенко, А.Н. Диетические продукты быстрого приготовления и особенности их производства / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов V Междунар. науч.-техн.

- конф., Могилев, 26-27 апреля 2006 г. / Могилёв. гос. ун-т прод-я; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилёв, 2006. – С.315.
- 2 Марх, А.Т. Биохимия консервирования плодов и овощей / А.Т. Марх. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 371 с.
- 3 Кретович, В.Л. Основы биохимии растений / В.Л. Кретович. – М.: Высшая школа, 1971. – 464 с.
- 4 Пищевая химия / А. П. Нечаев, [и др.]. – СПб.: ГИОРД, 2001. – 592 с.
- 5 Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание / под общ. ред. Р. Стеле. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
- 6 Protective effect of ascorbic acide against the browning developed in apple fruit treated with higt hydrostatic pressure / G. Prestamo, G. Arroyo // J. agr. Food Chem. – 1999. – Vol. 47, №19. – P.3541 – 3545.
- 7 Шобингер У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / под общ. ред. У. Шобингер. – СПб.: Профессия, 2004. – 640 с.
- 8 Inhibitory effects of "Enokitake" mushroom extracts on polyphenol oxidase and prevention of apple browning / M.S. Jang, [et al.] // Lebensmittel-Wiss. – Technol. – 2002. – Vol. 35, № 8. – P. 697–702.
- 9 Effect of L-cystein, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice / Iyidogan N. F., Bayindirli A. // J. Food Eng. – 2004. – V.62, №3 – P.299–304.
- 10 Browning evaluation of ready-to-eat apples as affected by modified atmosphere packaging / Soliva-Fortuny R.C. [et al.] // J. agr. Food Chem. – 2001. –Vol. 49, №8. – P.3685–3690.
- 11 Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates / Chen L. [et al.] // J. agr. Food Chem. – 2000. –Vol. 48, №10. – P. 4997–5000.
- 12 Способ производства яблочных чипсов: пат. 13171 Респ.Беларусь, МПК⁸ A23L1/212, A23L3/40, A23L3/42 / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова, С.С. Ветохин; заявитель Бел. гос. технол. ун-т. – № а20090008 от 5.01.2009; опубл. 04.02.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 2. – С. 49.
- 13 Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
- 14 Польшгаллина, Г. В. Определение активности ферментов. Справочник / Г.В. Польшгаллина, В.С. Чередниченко, Л.В. Римарёва. – М.: Дели принт, 2003. – 375 с.
- 15 Fogliano, V. Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines / V. Fogliano [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 1999. – Vol. 47, №3. – P. 1035–1040.
- 16 Никитенко, А.Н. Исследование активности воды в продуктах растительного происхождения / А.Н. Никитенко, З.Е. Егорова // Труды БГТУ. Сер. IV. – Минск, 2010. – Вып. XVIII. – С.257–262.

Поступила в редакцию 8.06.2011