

УДК 664.8

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТИ ЯБЛОК ОТ МИКРОБИАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Н.К. Голочко,

профессор каф. технологии металлов БГАТУ, докт. ф.-м. наук, профессор

В.С. Корко,

доцент, каф. электротехнологий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент,

А.Н. Челединов,

аспирант каф. технологии металлов БГАТУ

З.Е. Егорова,

доцент каф. физико-химических методов сертификации продукции БГТУ, канд. хим. наук, доцент

Экспериментально исследованы особенности очистки поверхности яблок от микробных загрязнений в зависимости от условий обработки в ультразвуковой ванне.

The peculiarities of microbiological decontamination of apple surface depending on processing conditions in ultrasonic bath are investigated experimentally.

Введение

Яблоки относятся к наиболее распространенной плодовой продукции благодаря своим лечебно-питательным свойствам. Однако недостаточное производство яблок и большие потери при хранении (около 25 %) создают их дефицит, особенно ощутимый в зимне-весенний период [1]. Одна из главных причин потерь яблок при хранении – поражение микробиологическими заболеваниями. Поэтому важно практически совершенствовать способы повышения сохранности яблок, направленные, прежде всего, на снижение микробной загрязненности их поверхности.

Обычно яблоки (как, впрочем, и другие фрукты) после сбора урожая моют водой, обрабатывают различными дезинфектантами [2, 3] и биопрепаратами [4, 5]. Значительные перспективы повышения сохранности яблок связаны с применением различных видов безреагентной обработки, в частности, ультрафиолетового облучения [6], обработки ионизированным воздухом [7].

В последние годы все более широкое распространение получает ультразвуковая (УЗ) обработка фруктов, основанная на эффектах акустической кавитации – образования в жидкости пульсирующих парогазовых пузырьков при прохождении в ней высокоинтенсивных УЗ волн [8]. При этом очистка поверхности от микроорганизмов обеспечивается как за счет моющего действия ультразвука – удаления с поверхности различных механических загрязнений, которые обычно содержат значительное количество микроорганизмов, так и бактерицидного действия – непосредственного уничтожения микроорганизмов.

Предполагается, что микроорганизмы уничтожаются под действием ультразвука по двум механизмам: кавитационно-механическому и кавитационно-электрохимическому [9]. Согласно первому механизму причиной гибели клеток являются сильные сдвиговые напряжения в микропотоках жидкости, возникающих при захлопывании кавитационных пузырьков. Эти напряжения приводят к разрыву химических связей в клеточных стенках и мембранах. Также в процессе кавитации внутри клеток создается высокое давление, что вызывает разрушение цитоплазматических структур. Согласно второму механизму, гибель клеток связана с образованием при кавитации в водной среде цитоплазмы гидроксильных радикалов и атомарного кислорода, вызывающих окислительные процессы.

На практике для УЗ обработки фруктов используются УЗ моечные ванны, выпускаемые различными фирмами. При этом в предоставляемых фирмами технических описаниях ванн не даются практические рекомендации по выбору условий обработки, обеспечивающих наиболее эффективную очистку поверхности плодов. Поэтому такие условия приходится подбирать, как правило, экспериментально.

Данная работа посвящена исследованию особенностей очистки поверхности яблок от микробных загрязнений в УЗ ванне в зависимости от условий их обработки.

Основная часть

В экспериментах использовали яблоки позднего срока созревания из сада личного подворья, выращенные в чистой зоне, вдали от техногенных выбросов и загрязнений, без применения удобрений и хи-

мических средств защиты растений, снятые с деревьев вручную в съемной стадии зрелости. В общем случае исследуемые яблоки были разных сортов. При этом для проведения каждого эксперимента отбирали яблоки одного сорта, выращенные в одном саду. После уборки яблоки не подвергались какой-либо обработке и хранились в непроветриваемых помещениях личного подворья в условиях естественных (суточных, сезонных) колебаний температуры и влажности в соответствии с погодными изменениями. Отобранные для исследований яблоки были целыми, без визуально наблюдаемых механических загрязнений, повреждений, признаков порчи. Все они имели приблизительно одинаковый диаметр, который составлял около 5 см.

Яблоки подвергали обработке в установке УЗУ-0,25, состоящей из УЗ генератора (выходная мощность – 250 Вт, рабочая частота – 18 кГц) и УЗ ванны с рабочей полостью объемом 4,5 л (длина – 220 мм, ширина – 170 мм, глубина – 160 мм). В донной части ванны были установлены три пьезоэлектрических преобразователя. Ванна заполнялась водопроводной водой и в нее погружали яблоки. Поскольку яблоки легче воды, то для предотвращения их всплывания (а также для обеспечения их заданного расположения в объеме воды) использовали специальные ограничительные приспособления в виде проволочных каркасов. С помощью этих приспособлений можно было также приводить яблоки в умеренное хаотичное движение в пределах определенного ограниченного объема воды.

В опытных, а также контрольных (исходных, не подвергавшихся обработке) образцах яблок определяли количественный состав поверхностной микробиоты, в частности, определяли общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ), т.е. общую бактериальную обсемененность, а также количество дрожжей и плесневых грибов, являющихся наиболее сильными возбудителями заболеваний яблок. Микробиологический анализ проводили по стандартной методике (ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 10444.12-88). Количественную оценку результатов анализа делали в колониеобразующих единицах (КОЕ), отнесенных к массе анализируемого яблока (г). Сравнивая численные значения КОЕ/г, установленные для различных образцов яблок, можно было судить о степени их микробиального загрязнения и, соответственно, об эффективности применяемых способов очистки.

Эксперименты проводили в две стадии. На первой стадии испытывали яблоки с малым сроком хранения (около 2 месяцев). В каждом опыте в ванну, содержащую 3 л воды, погружали 6-8 яблок, кото-

рые располагали в один слой в верхней части объема воды. Яблоки в ходе УЗ обработки приводили в хаотичное движение. В разных опытах длительность УЗ обработки варьировали. Результаты испытаний свидетельствуют о довольно высокой эффективности очистки, которая увеличивается с длительностью обработки (табл. 1). Вместе с тем наблюдается неравномерный характер развития процесса очистки во времени: микроорганизмы удаляются наиболее интенсивно в начале обработки, затем, по мере дальнейшей обработки, их удаление замедляется.

Таблица 1. Результаты микробиологического анализа яблок с малым сроком хранения после УЗ обработки

Условия обработки	Количество микроорганизмов, КОЕ/г		
	МАФАНМ	Дрожжи	Плесени
Контрольные яблоки	$8,6 \times 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$
УЗ обработка (4 мин)	$5,5 \times 10^2$	$3,6 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10$
УЗ обработка (8 мин)	$1,2 \times 10^2$	$2,3 \cdot 10$	Единичное

На второй стадии испытывали яблоки с большим сроком хранения (5-6 месяцев). Было выполнено две серии экспериментов.

В первой серии в ванну, содержащую 3,5 л воды, погружали 3 яблока, которые располагали в один слой в нижней части объема воды. Яблоки в ходе УЗ обработки приводили в хаотичное движение. В отдельных опытах для сравнения яблоки обрабатывали в ванне без ультразвука, т.е. подвергали обычной мойке.

Во второй серии в ванне, содержащей 2 л воды, яблоки размещали в 2 слоя (по 7 яблок в каждом слое). Яблоки в ходе УЗ обработки находились в неподвижном состоянии.

Результаты первой и второй серии испытаний представлены, соответственно, в табл. 2 и 3.

Следует отметить, что при проведении экспериментов на этой стадии наблюдался довольно заметный разброс получаемых данных по очистке поверхности яблок как УЗ обработкой, так и обычной мойкой. Это может быть обусловлено тем, что исходные яблоки с большим сроком хранения имели более сильную микробиальную загрязненность, которая развивается неравномерно на поверхности разных яблок. Тем не менее, несмотря на указанное обстоятельство, в целом эксперименты убедительно показали, что УЗ обработка яблок с большим сроком хранения (также как и яблок с малым сроком хранения) обеспечивает высокую эффективность очистки. При этом важно подчеркнуть, что УЗ очистка оказывается более эффективной, чем обычная мойка. Кроме того, как было показано в ряде опытов (табл. 2), эффективность УЗ очистки яблок с большим сроком хранения может быть гораздо выше, чем яблок с малым сроком хранения.

Особый интерес представляют результаты экспериментов второй серии, свидетельствующие о том, что эффективность УЗ очистки зависит от местопо-

Таблица 2. Результаты микробиологического анализа яблок с большим сроком хранения после обычной мойки и УЗ обработки

Условия обработки	Количество МАФАНМ, КОЕ/г
Контрольные яблоки	$3,0 \cdot 10^5$
Обычная мойка, 10 мин	$1,6 \cdot 10^4$
УЗ обработка, 10 мин,	$2,5 \cdot 10^2$

Таблица 3. Результаты микробиологического анализа яблок с большим сроком хранения после УЗ обработки при двухслойной укладке

Условия обработки	Количество МАФАНМ, КОЕ/г
Контрольные яблоки	$7,5 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 5 мин, верхний слой	$5,6 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 5 мин, нижний слой	$2,1 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 10 мин, верхний слой	$2,5 \cdot 10^3$
УЗ обработка, 10 мин, нижний слой	$1,5 \cdot 10^3$

ложения яблок в объеме воды, заполняющей ванну, а именно: яблоки нижнего слоя очищаются от микроорганизмов приблизительно в 2 раза лучше, чем яблоки верхнего слоя (табл. 3). Это может быть связано с уменьшением уровня кавитации по высоте столба воды по мере удаления от излучателей (расположенных в дне ванны) вследствие явлений затухания УЗ волн [10].

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения ультразвука для очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений. Вместе с тем, как показывают эксперименты, эффективность этой очистки зависит от условий реализации процессов УЗ обработки, что, в свою очередь, требует более детального изучения закономерностей и механизмов этих процессов. Так, неоднородный характер развития УЗ очистки во времени делает необходимым выбор оптимальной длительности обработки исходя из критериев производительности и качества очистки. В свою очередь, наличие зависимости эффективности УЗ очистки от местоположения яблок в объеме ванны указывает на необходимость организации их соответствующего перемещения во время обработки по высоте столба воды, заполняющей ванну. Также следует учитывать, что эффективность УЗ очистки может зависеть от степени микробиальной загрязненности исходных яблок, которая в общем случае может быть неодинаковой у разных яблок.

Дальнейшее развитие технологий УЗ очистки поверхности яблок от микробиальных загрязнений в значительной мере связано с совершенствованием соответствующего оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрохин, М.А. Разработка элементов технологии хранения яблок в регулируемой атмосфере: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.07; 05.18.01 / М.А. Митрохин. – Мичуринск, 2002. – 116 с.
2. Химическая обработка и окуривание овощей, фруктов, бахчевых и корнеплодов [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: <http://zarip-ovosch.ru/himicheskaya-obrabotka-i-okurivanie>. – Дата доступа: 29.12.2014.
3. Шиманович, С.Л. Экологически безопасные озонные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / С.Л. Шиманович [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук, 2006. – №3. – С. 117-123.
4. Абеленцев, В.И. Влияние послеуборочной обработки биопрепаратами на хранение яблок / В.И. Абеленцев [и др.] // Плодоводство и виноградарство юга России, 2010. – № 4(3). – С. 105-109.
5. Влияние обработки яблок биопрепаратами на физиолого-биохимические изменения при холодильном хранении плодов / Т.А. Задворнова [и др.] // Науч. журнал НИУ ИТМО. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств, 2011. – Вып. 2. – С. 1-6.
6. Установка для обработки сельскохозяйственных культур / ГНУ ВНИИСХРАЭ Россельхозакадемии; IX Моск. Междунар. салон инноваций и инвестиций, 2009. – 2 с.
7. Микробиологические аспекты хранения свежих плодов, обработанных электроионизированным воздухом / Д.С. Степаненко [и др.] // Биол. вестник Мелитополь. гос. пед. ун-та, 2012. – №1. – С. 143-152.
8. Инновационные технологии переработки плодовоовощной продукции / С. Родригес, Ф. А. Н. Фернадес; пер. Ю. Г. Базарнова. – СПб.:Профессия, 2014. – 456 с.
9. Грязнева, Т.Н. Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы: лекция / Т.Н. Грязнева. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ. – 2011.
10. Акоюн, В.Б. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами: уч. пособие / В.Б. Акоюн, Ю.А. Ершов. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 224 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.09.2015