

УДК 664.8.014/019

Н.В. Макарова, Д.Ф. Валиулина

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ ПРЯМОГО ОТЖИМА

Изучалось влияние термообработки на химический состав и антиоксидантные свойства яблочных соков первого отжима. Определяли содержание растворимых сухих веществ, массовую долю титруемых кислот, редуцирующих сахаров, содержание фенольных веществ, флавоноидов, а также антирадикальную и антиоксидантную активности, восстанавливающую силу. Определен эффективный режим термообработки.

Яблочный сок, термообработка, антиоксидантная активность, фенолы, флавоноиды, физико-химические показатели.

Введение

Термическая обработка является одним из основных способов, позволяющих сохранять качество продуктов, полученных из фруктов и ягод. Благодаря щадящей технологии производства яблочный сок сохраняет все полезные вещества свежих плодов и вкус «живого» сока на длительный период. Яблоко – природный источник пектинов. Кроме того, в яблоках есть почти все водорастворимые витамины, но наиболее значимые в количественном отношении – это витамины С, В₆ и Р [1].

Однако наряду с полезными веществами соки подвержены микробальной порче с образованием углекислого газа и спирта, плесени, кислот (главным образом, уксусной и молочной). Эти три вида порчи вызываются тремя различными группами микроорганизмов: дрожжами, плесневыми грибами и бактериями. Дрожжи, по систематике относящиеся к грибам, имеют самое большое значение как возбудители инфекций и порчи плодово-ягодных соков. В 90 из 100 случаев микробальная порча соков вызывается дрожжами. Для дрожжевой порчи имеется много причин, обусловленных свойствами соков. Высокая кислотность большинства соков, ограничивающая размножение бактерий, не мешает росту дрожжей, развитие которых не тормозит даже очень высокая кислотность. Если для размножения уксусно- и молочнокислых бактерий требуются более высокие температуры, то дрожжи сохраняют способность к росту даже при относительно низкой температуре. Дрожжи, обладающие перечисленными свойствами, относятся к классу сахаромисцетов. Наиболее известным их свойством, оказывающим отрицательное воздействие на качество соков, является способность сбрасывать сахара до этанола и углекислого газа. Кроме того, дрожжи образуют глицерин, альдегиды, кетокислоты и высшие эфиры, а также небольшое количество уксусной кислоты. В производстве соков важнейшими видами являются *Saccharomyces cerevisiae*, *S. uvarum*, *S. bayanus*, *S. bailii* [2]. Все микроорганизмы приводят к частичной или полной порче сока.

В настоящее время ведутся активные разработки новых методов уничтожения опасной микрофлоры в яблоках. Предлагается использовать пастеризацию в вакууме [3], суперкритическим СО₂ и Н₂О [4], ультрафиолетовое облучение и обработку импульсным

электрическим полем [5]. Однако по-прежнему пастеризация сока как метод, уничтожающий опасную микрофлору и увеличивающий срок хранения сока, остается самым широко используемым методом в пищевой промышленности.

Пастеризация (при температуре ниже 100 °С) плодово-ягодных соков выполняет две задачи, которые нельзя точно разграничить: уничтожение микроорганизмов, вызывающих порчу, и инактивирование ферментов, в первую очередь комплекса фенолазы. Тепловая обработка имеет определенные температурные границы, так как, с одной стороны, нужно добиться требуемого эффекта, а с другой – при температурах выше 90 °С возникают нежелательные химические реакции, затрагивающие прежде всего аминокислоты и редуцирующие сахара, что ведет к значительному ухудшению качества соков. Степень инактивирования ферментов, как и подавление микроорганизмов, зависит от количества тепла и температуры. Инактивирование ферментов – процесс более сложный, чем подавление жизнедеятельности микроорганизмов. Если обрабатываются продукты с мякотью, то из-за более высокого содержания в них ферментов и обычно большей обсемененности приходится применять более высокие температуры, а вследствие того, что между степенью подавления микроорганизмов и тепловой нагрузкой имеется логарифмическая связь, исходное число микроорганизмов имеет большое значение для расчета режима пастеризации.

Пастеризация изменяет химический состав яблочных соков: рН, растворимые сухие вещества, титруемые кислоты, цвет, что показано [6] австрийскими учеными на примере яблок сорта Florina, Gala, Golden Delicious, Idared, Jonagold, Pilot, Pinova, Topaz.

В литературе нами не найдены сведения о влиянии тепловой обработки на антиоксидантные свойства яблочного сока. Однако для исходного сырья: плодов и ягод были проведены отдельные эксперименты по изучению влияния тепловой обработки на антиокислительную силу. Так, например, для ягод черники [7] обнаружено снижение содержания мономерных антоцианов и антиоксидантной активности по методу ORAC после пастеризации при 90 °С. Для черной смородины, черники, голубики, клюквы, малины, красной смородины, клубники были определены [8] такие показатели, как общее содержание

фенольных соединений и антиоксидантная активность по методу DPPH (с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом) в исходных плодах и в полученных из них джемах. Наблюдается снижение обоих показателей в ходе получения джема приблизительно в 1,5–2 раза. В другой статье [9] изложены результаты похожих исследований для вишни, сливы и малины. Для них определялись такие показатели, как общее содержание фенолов, антоцианов и антиокислителей в пересчете на аскорбиновую кислоту. Установлено, что при термической обработке при приготовлении джемов максимальное снижение 21–89 % наблюдалось для такого показателя, как содержание антоцианов. Испанские ученые установили [10], что воздушная сушка отходов переработки апельсинов при 30, 40, 50, 60, 70, 80 и 90 °С приводит к снижению таких показателей, как общее содержание полифенолов и антиоксидантная активность по методу Rancimat. При этом установлено, что снижение тем значительнее, чем выше температура сушки. При определении способности улавливания свободных радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) для выжимок красного винограда, выдержанных 3 ч при температуре 20, 80, 100 и 120 °С, было установлено [11], что наблюдается существенное понижение антиоксидантной активности при нагревании при 120 °С, что авторы объясняют разрушением красных пигментов винограда. Таким образом, все приведенные примеры свидетельствуют о снижении антиоксидантной активности за счет тепловой обработки.

Объекты и методы исследований

Целью данной работы являлось исследование влияния различных режимов пастеризации на химический состав и антиоксидантную активность сока прямого отжима из яблок сорта «Жигулевское».

В качестве методов исследования использовались следующие методы химического анализа: измерение общего содержания фенольных веществ с помощью реактива Folin-Ciocalteu, общего содержания флавоноидов, уровня улавливания свободных радикалов DPPH (2,2'-дифенил-1-пикрилгидразила), восстанавливающей силы по методу FRAP (ferric reducing antioxidant power с реагентом 2,4,6-трипиридил-*s*-триазином) и измерение антиоксидантной активности в системе линолевая кислота.

Также были определены физико-химические показатели сока с учетом влияния различных параметров пастеризации. Была определена массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту (ГОСТ 51434-99), массовая доля растворимых сухих веществ (ГОСТ 28562-90), массовая концентрация сахара (ГОСТ 13192-73).

В качестве параметров пастеризации были выбраны следующие режимы:

- 1) температура 85–90 °С, время выдержки 180 с;
- 2) температура 115–120 °С, время выдержки 120 с;
- 3) температура 130–135 °С, время выдержки 60 с.

Выбор температурных и временных параметров основан на рекомендациях по режимам пастеризации соков в литературе [2] и реальных параметрах, рекомендуемых для работы пастеризаторов в производ-

стве продукции консервной промышленности.

Результаты и их обсуждение

Анализируя антиоксидантные показатели выбранных режимов термообработки, мы получили результаты, представленные в табл. 1 и на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты исследования антиоксидантной активности яблок в зависимости от режимов термообработки

Показатель	Режимы термообработки			
	Исходный сок	Температура 85–90 °С, время выдержки 180 с	Температура 115–120 °С, время выдержки 120 с	Температура 130–135 °С, время выдержки 60 с
Общее содержание флавоноидов, мг катехина/100 г сырья	48	42	146	102
E_{c50} , мг/см ³	52	139	25	99
Антиоксидантная активность в системе линолевая кислота, % ингибирования окисления линолевой кислоты	28,8	5,1	17,0	21,1

В табл. 1 представлены данные изменения общего числа флавоноидов, антиоксидантной активности в системе линолевая кислота и антирадикальной активности в зависимости от различных параметров термообработки. Наиболее высокое содержание флавоноидов имеет сок при термообработке во втором режиме. Его показатели практически в 1,5 раза выше данных третьего режима и в 3,5 раза превышают данные первого режима (146 против 102 и 42 соответственно). Еще более яркую картину можно увидеть, рассматривая данные антирадикальной активности. Второй режим показывает наиболее высокие позиции, но разница здесь еще более существенная – 25 мг/см³ против 99 и 139 мг/см³, что соответственно выше в 4 и 5,5 раза. Объединяя данные показатели можно сделать вывод, что наиболее эффективным режимом, позволяющим максимально сохранить антиоксидантную активность сока, является температура 115–120 °С при времени выдержки 120 с.

Результаты по антиоксидантной активности в системе линолевая кислота показывают несколько другую картину. Здесь с увеличением температуры термообработки и уменьшения времени выдержки сока происходит увеличение активности.

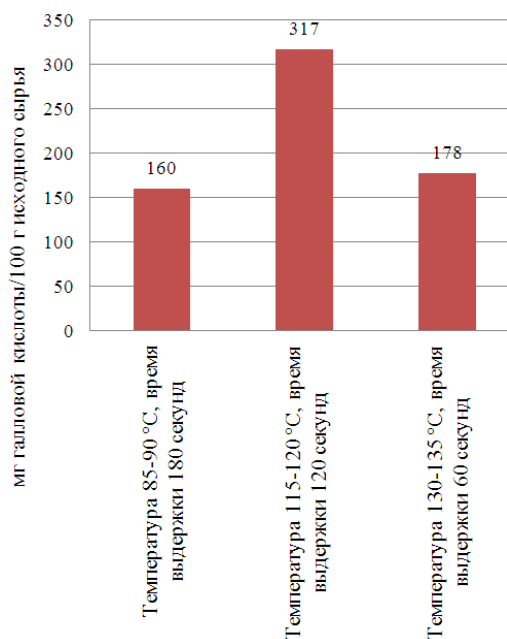


Рис. 1. Общее содержание фенольных веществ в яблоках

Из рис. 1 видно, что по содержанию фенольных веществ второй режим термообработки также твердо сохраняет свои позиции лидера. При повышении температуры термообработки до 130–135 °С и снижении температуры выдержки до 60 с происходит снижение объема фенольных веществ практически в 2 раза. Третий и первый режимы пастеризации показывают данные, близкие по своему значению, – 160 и 178 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья.

Изучая данные рис. 2, можно заметить, что второй режим термообработки также является благоприятным для уровня восстанавливающей силы по сравнению с другими режимами. Восстанавливающая сила

третьего режима термообработки немного уступает лидеру, но по сравнению с первым режимом проявляется в 2,7 раза более высокие показатели (4,5 ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья против 1,62 ммоль Fe^{2+} /1 кг исходного сырья).

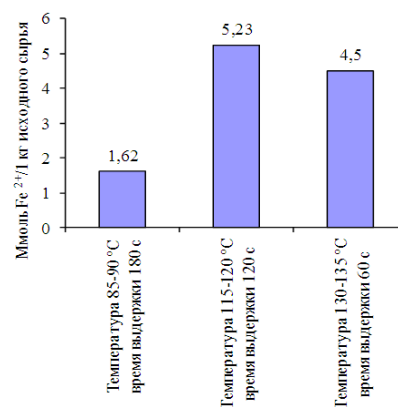


Рис. 2. Восстанавливающая сила по FRAP-методу

Результаты физико-химических исследований для яблок летних сортов представлены в табл. 2.

Анализируя полученные данные (табл. 2), можно заявить, что в целом по технологическим показателям все режимы термообработки находятся примерно на одном уровне. Массовая доля растворимых сухих веществ не изменяется с изменением температуры и времени выдержки. Определяющим фактором вкуса сока является отношение массовой доли редуцирующих сахаров к титруемой кислотности. Так как титруемая кислотность и содержание массовой доли редуцирующих сахаров находятся на одном уровне при всех трех режимах, отсюда следует вывод о величине сахарокислотного индекса. Его колебания составляют не более 5 единиц.

Таблица 2

Результаты исследований физико-химических показателей яблочного сока летних сортов

Показатель	Режимы термообработки			
	Исходный сок	Температура 85–90 °С, время выдержки 180 с	Температура 115–120 °С, время выдержки 120 с	Температура 130–135 °С, время выдержки 60 с
Массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту, %	0,37	0,32	0,34	0,36
Массовая доля растворимых сухих веществ, %	10	12,0	12,0	12,0
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	9,02	9,75	9,87	9,33
Сахарокислотный индекс	24,38	30,47	29,03	25,92

Таким образом, на основании представленных экспериментальных исследований, произведенных для различных режимов термообработки яблочных соков, можно сделать следующие выводы:

1) наиболее оптимальным режимом термообработки, учитывая данные антиоксидантной активности, является режим: температура нагревания 115–120 °С, время выдержки – 120 с;

2) вариация температур и времени выдержки термообработки не оказала сильного влияния на изменение физико-химических показателей яблочного сока;

3) суммируя показатели антиоксидантной активности и технологические данные, можно рекомендовать в качестве режима термообработки для яблочных соков первого отжима тот, который сохранил показатели антиоксидантной активно-

сти – температуру нагревания 115–120 °С, время выдержки – 120 с.

4) полученные данные свидетельствуют о влиянии режимов нагревания на показатели химического состава и антиоксидантной активности соков. Однако предварительные эксперименты позволяют определить наиболее оптимальный вариант для производства соков первого отжима.

Список литературы

1. Седов, Е.Н. Селекция и сортимент яблони для центральных регионов России / Е.Н. Седов. – Орел: Издательство ВНИИСПК, 2005. – 311 с.
2. Шобингер, У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / У. Шобингер. – СПб.: Профессия, 2004. – 640 с.
3. Impact of vacuum cooking process on the texture degradation of selected apple cultivars / E. Bourles, E. Mehinagic, J.L. Courthaudon, F. Jourjon // *Journal Food Science*. – 2009. – Vol. 74, № 9. – P. 2–6.
4. Effects of supercritical CO₂ and N₂O pasteurization on the quality of fresh apple juice / F. Gasperi, E. Aprea, F. Biasioli et al. // *Food Chemistry*. – 2009. – Vol. 115, № 1. – P. 129–136.
5. Reduction of *Staphylococcus aureus* and quality changes in apple juice processed by ultraviolet irradiation, pre-heating and pulsed electric fields / M. Walkling-Ribeiro, F. Noci, D.A. Cronin et al. // *Journal of Food Engineering*. – 2008. – Vol. 89, № 3. – P. 267–273.
6. Effect of Thermal Treatment on the Quality of Cloudy Apple Juice / G. Krapfenbauer, M. Kinner, M. Gossinger et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 54, № 15. – P. 5453–5460.
7. Hager, T.J. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color and antioxidant capacity of processed blackberry products / T.J. Hager, L.R. Hoard, R.L. Prior // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2008. – Vol. 56, № 3. – P. 689–695.
8. Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries / Y. Amakura, Y. Umino, S. Tsuji, Y. Tonogai // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2000. – Vol. 48, № 12. – P. 6292–6297.
9. Kim, D.-O. Jam processing effect on phenolics and antioxidant capacity in anthocyanin-rich fruits: cherry, plum and raspberry / D.-O. Kim, O.I. Padilla-Zakour // *Journal Food Science*. – 2004. – Vol. 69, № 9. – P. 395–400.
10. Garau, M.C. Effect of air-drying temperature on physic-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products / M.C. Garau, S. Simal, A.F. Rossello // *Food Chemistry*. – 2007. – Vol. 104, № 3. – P. 1014–1024.
11. Larrauri, J.A. Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels / J.A. Larrauri, C. Saechez-Moreno, F. Saura-Calixto // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 1998. – Vol. 46, № 7. – P. 2694–2697.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный
технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244.
Тел./факс: (846) 278-44-00
e-mail: postman@samgtu.ru

SUMMARY

N.V. Makarova, D.F. Valiulina

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF APPLE JUICES OF DIRECT EXTRACTION

The effect of heat treatment on the chemical composition and antioxidant properties of apple juice of the first extraction has been studied. The content of soluble solids, the mass fraction of titratable acids and that of reducing sugars, the content of phenol compounds and flavonoids as well as antiradical and antioxidant activities and the restoring force have been determined. The optimum regime of heat treatment has been established.

Apple juice, heat treatment, antioxidant activity, phenols, flavonoids, physical and chemical properties.

Samara State Technical University
244, Street Molodogvardeyskaya, Samara, 443100, Russia.
Phone/fax: +7(846) 278-44-00
e-mail: postman@samgtu.ru

