

УДК 663.813: [634.72+634.739.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ СОКОВ КАК КОЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ

Д. БАДГАА, И. В. КОБОЗЕВ, М. Ф. КИНЯКИН

(Кафедра технологии хранения и переработки плодов и овощей)

Для разработки технологии приготовления соков в соответствии со свойствами сырья теоретический и практический интерес представляет исследование их коллоидной системы, вязкости, удельной массы, заряда коллоидных частиц и химико-технологических показателей.

Изучение этих характеристик соков, полученных из плодов и ягод, произрастающих в МНР, проведено нами впервые. В этой статье рассматриваются данные о влиянии нагревания, фильтрации, смешивания, подсахаривания, обработки бентонитом на коллоидную систему соков, их вязкость и химический состав.

Методика исследований

Соки были приготовлены из яблок сорта Янтарка алтайская, из ягод голубики (*Vaccinium uliginosum* L.), смородины черной (*Ribes nigrum* L.), смородины красной (*Ribes rubrum* L.), смородины высочайшей (*Ribes altissium* Turcz.).

Соки готовили в соответствии с действующими технологическими инструкциями Всесоюзного научно-исследовательского института консервной и овощесушильной промышленности. Плоды и ягоды собирали в состоянии технической зрелости, т. е. тогда, когда они достигали нормальной величины и окраски, но были еще достаточно твердыми. Плоды и ягоды культурных сортов снимали с 10—15 деревьев или кустов равномерно с верхних, средних и нижних ярусов со всех сторон кроны. Отбирали стандартные для данного сорта по величине, форме и окраске плоды, не поврежденные болезнями и вредителями, одной степени зрелости. Дикорастущие плоды и ягоды собирали с 25—50 деревьев и кустов.

Образцы плодов и ягод для технологического испытания с целью производства со-

ков собраны на Шамарской центральной плодово-ягодной станции, Булганской плодово-ягодной и Лесоводческой станции института земледелия и растениеводства (г. Дзун Хора), а также в госхозах Цагаан-толгой и Дзун-Бурен.

Основные компоненты соков, плодов и ягод определяли общепринятыми методами [1, 3, 4, 5, 7, 9]: сумму фенольных соединений — по Фолину-Денису, а также Фомину-Чокальтеу [9]; антоциан и лейкоантоциан извлекали этиловым и метиловым спиртами, содержащими 1% HCl, с последующим измерением оптической плотности на спекорде, а также на спеколе; содержание белковых веществ устанавливали по Кьельдалю [5]; органических кислот — методом хроматографии [4, 9]; сахаров — методами хроматографии и качественных реакций по Бертрону [4, 5]; аскорбиновой кислоты, гемипеллюлозы, целлюлозы, пектинов, минеральных и сухих веществ — по общепринятым методикам [1, 5]; вязкость — вискозиметром Кеплера. Постоянную температуру поддерживали с помощью ультратермостата.

Изменение вязкости соков в зависимости от температуры и их химического состава

Вязкость в известной степени определяет качество готового продукта, а также существенно влияет на ряд операций технологического процесса при производстве консервированных плодовых и ягодных соков. Так, чем ниже вязкость, тем больше скорость течения жидкости по капиллярам (согласно уравнению Пуазейля). В связи с этим процесс прессования и фильтрации зависит от вязкости сока.

Скорость оседания взвешенных частиц при отстаивании и центрифугировании согласно закону Стокса с повышением вязкости среды

Т а б л и ц а 1
Взаимосвязь вязкости соков и
содержания в них коллоидных частиц
при 20°

Наименование соков	Количество коллоидных частиц, г/л	Вязкость	Плотность, г/см ³
Голубичный	5,66	2,200	1,0370
Черносмородиновый	2,50	1,242	1,0127
Яблочный	6,26	2,602	1,0762

что, чем выше содержание коллоидных частиц в соках, тем больше их вязкость и плотность (табл. 1).

При этом следует отметить, что вязкость сока увеличивалась с повышением в нем содержания сухих веществ, которые в основном состоят из сахаров, органических кислот и высокомолекулярных белковых, пектиновых и фенольных соединений (табл. 2).

Чем больше в исходном сырье указанных выше веществ, тем больше их переходит в сок при прессовании. В яблоках и голубике содержание сахаров, пектинов и полисахаридов, в частности, растворимого пектина и гемицеллюлозы выше, чем в смородине, поэтому яблочный и голубичный соки отличаются большей вязкостью, чем смородиновый [2].

Для определения влияния температуры на вязкость брали неосветленные и осветленные центрифугированием соки красной смородины, черной смородины и голубики. Соки были купажированы с 50%-ным сахарным сиропом, содержание которого в осветленных соках составляло 25%, а в неосветленных — 20%.

Как видно из табл. 3, при повышении температуры от 20 до 70° вязкость плодово-ягодных соков уменьшалась аналогично вязкости воды, т. е. однородной системы. При более высокой температуре сока вязкость возрастала, достигая максимума при 80—85°, а затем снова падала. Это отмечалось во всех изученных нами соках. Однако А. Ф. Фан-Юнг [8] наблюдал данное явление при 70—75°, т. е. разница по сравнению с нашими данными около 10°. Это может быть объяс-

Т а б л и ц а 2

Химический состав натуральных соков

Сухое вещество	%							Аскорбиновая кислота, мг%	Калорийность 100 г сока, кал.
	Глюкоза	Фруктоза	Сахароза	Сумма сахаров	Органические кислоты	Белковые вещества	Минеральные вещества		
	Черносмородиновый								
13,40—15,00	2,25	1,89	0,14	4,28	1,60	2,75	0,36	11,25	29,53
	Красносмородиновый								
11,06—13,20	2,75	1,25	0,32	4,32	1,68	1,38	0,35	6,17	23,94
	Голубичный								
13,00—16,10	4,70	3,50	0,40	8,60	1,45	0,89	0,60	1,28	36,92
	Яблочный								
18,06—19,10	4,40	6,96	0,92	12,28	2,80	1,94	0,35	0,17	59,72

Вязкость (время падения шарика в вискозиметре Кепплера, с) различных соков в зависимости от температуры

Температура, °С	Красносмородиновый		Черносмородиновый		Голубичный	
	неосветленный	осветленный	неосветленный	осветленный	неосветленный	осветленный
10	272,0	180,6	268,7	185,6	293,1	235,2
30	190,1	162,6	183,6	135,0	205,4	157,5
40	139,7	126,2	119,5	104,4	133,7	95,1
50	113,5	98,7	108,1	100,8	91,9	60,0
60	95,2	81,2	99,5	91,0	63,5	45,2
65	86,8	77,2	88,7	79,6	50,1	41,8
70	77,2	69,1	68,2	60,2	44,4	37,3
75	62,7	61,3	60,3	55,0	39,2	34,4
80	72,1	68,1	67,1	60,2	35,8	31,9
85	61,5	55,2	72,1	71,1	36,5	32,5
90	56,0	49,1	69,8	68,4	30,7	28,7

нено тем, что высокомолекулярные соединения разрываются на более мелкие частицы и высвобождаются ионизированные одноименно заряженные группы. Вследствие взаимного отталкивания этих групп увеличивается гидродинамический объем и вязкость системы. При дальнейшем повышении температуры вязкость опять падает аналогично вязкости однородной системы.

Не исключено, что при данных температурах такие высокомолекулярные соединения, как белки и пектиновые соединения, могут высвобождают ионизированные, гидрофильные группы и вследствие этого покрываться оболочкой ассоциированных молекул воды, что и увеличивает плотность и вязкость сока. При более высокой температуре водная оболочка разрушается и вязкость снижается, высокомолекулярные соединения ассоциируют друг с другом и выпадают осадки. Предварительные исследования соков методом криоскопии свидетельствуют о возрастании числа частиц при нагревании соков до температуры 80—85°. Вместе с тем увеличение плотности соков при указанных температурах говорит о наличии плотной ассоциированной водной оболочки, образующейся в результате водородных связей, обусловленных дипольным моментом, величина которого возрастает при наличии заряженных групп. То, что эти функциональные группы есть, доказывается выпадением осадка при температуре выше 85°, что можно объяснить только процессами денатурации белков и ассоциирования высокомолекулярных соединений за счет высвобожденных групп.

Скорее всего увеличение числа частиц и образование ионизированных групп и водной оболочки идут одновременно.

По нашему мнению, данные процессы (разрыв высокомолекулярных соединений и образование ионизированных групп) могут протекать при разных температурах в зависимости от строения и свойств высокомолекулярных соединений. Поэтому увеличение вязкости у разных соков при нагревании начинается и заканчивается при разной температуре и не связано со степенью осветленности (табл. 3), т. е. определяется не количеством, а природой коллоидных частиц. Следует при этом подчеркнуть, что плоды и ягоды МНР могут переносить резкие колебания температур и повышение их, а также засушливые условия, так как содержат больше пектиновых, белковых и фенольных веществ, способных к большему набуханию и сохранению некоторой устойчивости при более высоких температурах, чем соединения, содержащиеся в плодах и ягодах, выращиваемых в районах с более мягким климатом [2]. Этим объясняется разница между результатами наших исследований и А. Ф. Фан-Юнга [8]. Разрыв высокомолекулярных соедине-

ний и образование ионизированных групп в соках из плодов и ягод, получаемых в МНР, происходит при более высоких температурах, чем в соках из сырья, получаемого в разных районах Европы.

Результаты наших исследований, а также выводы других авторов [2] показывают, что увеличение вязкости при повышении температуры не влияет на скорость прессования сырья и фильтрации соков разных плодов и ягод.

Изменение коллоидной системы соков при различных видах их обработки

В натуральных соках, полученных из культурных крупноплодных сортов яблок и дикорастущих ягод, содержание органических кислот составляет 1,45—1,60%, а в соках из мелкоплодных яблок — 2,80%. В последних процент сахаров колеблется от 11,00 до 13,5, а в соках из ягод — от 4,28 до 8,60. Содержание аскорбиновой кислоты в плодово-ягодных соках изменяется в зависимости от вида сырья и условий его произрастания и составляет 5,00—76,25 мг на 100 г сока. Выход соков равняется 70—76,5%.

В процессе переработки и последующего хранения не исключены некоторые нежелательные изменения качества плодовых и ягодных соков.

Кусочки плодовой ткани в виде грубых взвешенных частиц или значительного по объему осадка необходимо удалять. Что же касается осветления соков до кристально прозрачного состояния, то мнения исследователей по этому вопросу противоречивы. Одни считают, что выпуск осветленных соков обязателен, так как эти соки и красивее и более устойчивы к действию микроорганизмов при длительном хранении [10]. Другие утверждают, что осветление отрицательно сказывается на вкусе продукта, приводит к потерям ценных химических веществ, усложняет и удорожает процесс производства [6].

Однако следует помнить, что ассортимент плодовых и ягодных соков должен быть рассчитан на широкий круг потребителей с различными вкусами, поэтому мы считаем целесообразным выпускать соки как прозрачные, так и непрозрачные.

При осветлении и стабилизации соков происходит значительное разрушение коллоидных систем. Как показали исследования (табл. 3, 4), в результате осветления значительно уменьшается вязкость соков и содержание в них коллоидных частиц. Независимо от метода осветления количество коллоидных частиц уменьшается не более чем на 34%. Таким образом, после осветления в соке остается большая часть высокомолекулярных соединений, образующих коллоидную систему (табл. 4). С одной стороны, это обстоятельство следует расценивать как положительное, поскольку коллоидная система в известной степени определяет полноту вкусовых восприятий и частично питательную ценность продукта. Вместе с тем остающиеся коллоидные частицы в осветленном соке являются иногда причиной его помутнения в процессе хранения.

Исследования показали, что содержание общего количества коллоидных частиц в соках из плодов и ягод, произрастающих в МНР, больше, чем в соках из сырья, получаемого в других зонах [8]. Это связано с более высоким содержанием высокомолекулярных соединений, таких, как пектин, белки, фенольные вещества (табл. 5). Видимо, повышенное содержание этих веществ в плодах и ягодах МНР способствует увеличению их устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания.

Разница между соками по общему содержанию коллоидов может быть объяснена особенностями различных видов плодов и ягод.

Изменение содержания коллоидных частиц в плодовых и ягодных соках при осветлении

Время определения и вид сока	Содержание, г/л	Остаток после фильтрации, %	Время определения и вид сока	Содержание, г/л	Остаток после фильтрации, %
Голубичный:			Красносмородиновый:		
после прессования	7,63	—	после прессования	8,88	—
» фильтрации	5,66	74,18	» фильтрации	8,49	95,61
Яблочный:			Черносмородиновый:		
после прессования	9,36	—	после прессования	3,40	—
» фильтрации	6,26	66,88	» фильтрации	2,50	73,53

Из табл. 4 видно, что количество коллоидных частиц в разных соках после осветления уменьшалось неодинаково, что объясняется различиями в их химической природе и размере. Однако это может быть связано не только с процессом фильтрации, но и с воздействием различных факторов на сок в процессе переработки сырья. При этом представляет интерес наличие одноименного электрического заряда диспергированных частиц или молекул-высокополимеров. Условия разрушения коллоидной системы могут быть выяснены при определении знака заряда частиц, выпадающих после осветления соков.

Таблица 5

Химический состав дикорастущих ягод, произрастающих в МНР (в среднем за 1969—1976 гг.)

Дикорастущие растения	Сухое вещество	Органические кислоты	Сахара	Витамин С, мг%	Дубильно-красящие вещества	Белковые вещества	Пектиновые вещества	Гемцеллюлоза	Целлюлоза
	% на сырую массу				% на сырую массу				
Смородина высочайшая	15,20	1,28	4,28	139	0,98	1,32	1,99	0,95	0,71
Смородина красная	14,65	2,80	7,14	219	0,51	0,91	1,77	0,63	0,41
Смородина черная	15,22	2,81	4,44	140	0,42	1,25	1,80	0,60	0,38
Голубика густостебельная	10,17	1,45	8,52	56,0	0,89	0,83	1,77	1,08	0,80

Сок, полученный различными методами, отделяли от осадка в лабораторной центрифуге. Знак заряда частиц осадка находили по А. Ф. Ван-Юнгу [8], т. е. по формуле $\Delta pH = pH_c - pH_o$, где pH_c — pH прозрачного сока над осадком, pH_o — pH сока в зоне, в которой накопился отстоявшийся осадок. pH измеряли на pH -метре ЛП-0,1 с помощью каломельных и стеклянных электродов.

Данные исследований показали, что при самоосветлении голубичного и красносмородинового соков выпадающий осадок имеет отрицательный заряд, а черносмородинового и смородины высочайшей — положительный (табл. 6).

В соках из темноокрашенных

Таблица 6
Знак заряда частиц осадка, выпадающего при самоосветлении соков

Соки	pH_c	pH_o	pH
Голубичный	2,22	2,45	-0,23
Красносмородиновый	2,10	2,23	-0,13
Черносмородиновый	3,41	3,24	+0,17
Смородины высочайшей	3,24	2,70	+0,54

Т а б л и ц а 7

Нормы расхода сырья и сахара при производстве плодово-ягодных соков

Соки	Рецептура, %			Отходы и потери сырья, %	Нормы расхода, кг на 1000 условных банок	
	сока в частях	сиропа в частях	концентрация сиропа		сырья	сахара
Яблочный (из мелкоплодных сортов)	60	40	50	50	540	65
Голубичный	75	25	50	33	430	57
Черносмородиновый	80	20	55	45	800	70
Красносмородиновый	60	40	50	40	450	60

видов ягод знак заряда коллоидных частиц положительный, что может быть объяснено структурой отдельных антоциановых пигментов.

Наличие одноименных электрических зарядов коллоидных частиц является необходимым условием стойкости коллоидной системы. Изменение заряда, ведущее к ее нарушению, может быть вызвано добавлением раствора, содержащего коллоидные частицы с обратным зарядом.

Т а б л и ц а 8

Химический состав осахаренных соков (%)

Соки	Сухое вещество по рефрактометру	Сумма сахаров	Кислотность	Фенольные вещества
Яблочный	25,5	20,8	1,21	0,33
Голубичный	23,4	12,8	0,88	0,62
Черносмородиновый	25,0	20,06	1,50	0,50
Красносмородиновый	26,6	20,5	1,80	0,10

дом. Например, если добавлять голубичный сок к черносмородиновому, осадок выпадает, а если его добавлять к красносмородиновому, осадок не образуется. Аналогичное воздействие оказывает изменение кислотности или концентрации ионов в результате выпаривания или вымораживания воды.

Следовательно, в целях получения соков высокого качества в задачи современной технологии их производства должно входить снижение до минимума потерь и изменений биологически активных веществ (витаминов, микроэлементов, аминокислот, фенольных веществ).

Следует отметить, что ягоды и плоды, получаемые в МНР, отличаются повышенным содержанием дубильно-красящих и пектиновых веществ, флавоноидов, полисахаридов органических кислот, которые играют огромную роль в приспособлении растений к неблагоприятным условиям. В связи с этим для изготовления соков из таких плодов требуется подслащивание [2].

Из табл. 7 видно, что при производстве плодово-ягодных соков вследствие значительной разницы в содержании органических кислот, фенольных веществ, сахаров в исходном сырье требуются разные добавки сахарного сиропа.

Добавляемый сахарный сироп составляет от 20 до 40% по объему сока, а потери и отходы сырья — от 33 до 50%.

Следует отметить, что осахаренные соки содержат большое количество фенольных соединений и прежде всего лейкоантоцианов и антоцианов (табл. 9).

Содержание аскорбиновой кислоты в процессе приготовления соков уменьшалось на 90% и более (ср. табл. 5 и 9).

Биологически активные соединения в плодово-ягодных натуральных соках (мг%)

Соки	Антоциан	Лейкоантоциан	Фенольные соединения	Витамин С
Черносмородиновый	145	60	330	13,4
Голубичный	182	54	690	3,5
Красносмородиновый	75	100	600	3,5
Яблочный	—	—	510	7,4

Величина ряда показателей, характеризующих питательную ценность плодово-ягодных соков (содержание органических кислот, антоцианов и фенольных соединений), при их фильтрации и обработке бентонитом уменьшалась незначительно.

Химико-технологические исследования показали, что многократный нагрев иногда очень мало способствовал повышению качества и выхода готовых соков, а иногда совсем не оказывал на них влияния.

Из испытанных технологических схем приготовления соков в МНР принята в настоящее время следующая: мойка — инспекция — дробление — извлечение сока из мякоти прессованием — центрифугирование — подогрев — отстаивание — обработка бентонитом — фильтрация — разлив — стерилизация. По этой схеме налажено производство плодово-ягодных соков на пиво-водочном комбинате в г. Улан-Баторе и в других городах Монголии.

Выводы

1. Соки из плодов и ягод, выращиваемых в МНР, отличаются повышенным содержанием органических кислот, сухих веществ и таких биологически активных веществ, как антоциан, фенольные и белковые соединения, витамин С, что объясняется химическим составом и технологическими качествами исходного сырья.

2. Соки из яблок и ягод МНР отличаются повышенным содержанием коллоидных частиц и высокой вязкостью.

3. При осветлении соков количество коллоидных частиц уменьшается. Коллоидные частицы светлых соков имеют отрицательный заряд, а темноокрашенных — положительный.

4. При нагревании соков из плодов и ягод до температуры 70° их вязкость уменьшается, затем увеличивается и достигает максимума при 80—85°, при дальнейшем повышении температуры вязкость снова уменьшается. Отмеченный максимум в соках из ягод, полученных в других зонах, наблюдается при более низкой (на 10°) температуре. Различия объясняются неодинаковым биохимическим составом плодов и ягод из разных зон.

5. На основании данных химико-технологических исследований в МНР внедрена следующая технологическая схема производства плодово-ягодных соков: мойка — инспекция — дробление — извлечение сока из мякоти прессованием — центрифугирование — подогрев — отстаивание — обработка бентонитом — фильтрация — разлив — стерилизация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арасимович В. В., Балтага С. В., Пономарев С. В. Методы анализа пектиновых веществ, гемицеллюлозы и пектолитических ферментов. Кишинев, Изд-во АН Молдавской ССР, 1970.
2. Бадгаа Д. Исследование культурных и дикорастущих плодов и ягод Монгольской Народной Республики с целью рационального использования. Автореф. докт. дис. М., 1978.
3. Кретович В. А. Методы современной биохимии. М., «Наука», 1975.
4. Методика количественной, бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот. М.—Л., Изд-во

АН СССР, 1962. — 5. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М., «Колос», 1976. — 6. Самсонова А. Н. Производство фруктово-ягодных соков с мякотью. М., «Пищевая промышленность», 1969. — 7. Тонкослойная хроматография флавоноидов (метод рекомендации). Пятигорск, 1973. — 8. Фан-Юнг А. Ф. Осветление и фильтрование плодовых соков. М.,

«Пищевая промышленность», 1967. — 9. Фатеева М. В. Анализ органических кислот методом хроматографии. Успехи современной биохимии. М., «Наука», 1960, т. 50, вып. 2, с. 12—15. — 10. Matallas L., March C. L. "Am. J. Enol. and Viticulture", 1965, vol. 16, N 9, p. 129—135.

Статья поступила 26 сентября 1978 г.

SUMMARY

The juices prepared from red currant, black currant, tallest currant, blueberry and small-fruited apples growing in the Mongolian People's Republic have been investigated. The juices prepared from this raw material have been found to have higher amount of colloidal particles, high dynamic viscosity and many biologically active substances: proteins, organic acids, phenolic compounds, vitamin C, which is due to peculiar biochemical composition of fruit and berries growing in the region. The effect of heating, mixing, filtration and treatment with bentonite on colloidal system of the juices has been studied. The consumption of raw material for manufacture of juices has been established. On the base of chemicotechnological investigations, the following technological scheme of juice manufacture has been adopted in the Mongolian People's Republic: washing — examination — crushing — extracting the sap from fruit pulp by pressing — centrifugation — heating — settling — treatment with bentonite — filtration — pouring-out — sterilization.