

**ТРАНСФОРМАЦИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЕКАРСТВЕННОГО
СЫРЬЯ РОМАШКИ АПТЕЧНОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОЦЕССА СУШКИ**

**Сообщение 2. Особенности изменений в углеводном комплексе лекарственного
сырья**

Ж.А. Рупасова, В.А. Игнатенко, Н.П. Варавина, Р.Н. Рудаковская,

Т.П. Троцкая, А.А. Литвинчук, А.И. Рачковская

ГНУ Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,

РУП "Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию", г. Минск, Беларусь,

Цель. В связи с оптимизацией процесса сушки лекарственного сырья ромашки аптечной, в рамках научно-производственного эксперимента, описанного в Сообщении 1, были исследованы изменения в составе углеводного комплекса данного вида лекарственного сырья на разных этапах его сушки обычным (воздушным) способом и с помощью озонированного сушильного агента, подаваемого в 3-х режимах – 1) одновременно на верхний и нижний ярусы сушилки; 2) на верхний ярус сушилки; 3) на нижний ярус сушилки.

Методы. В высушенных усредненных пробах растительного сырья повариантно определяли содержание отдельных составляющих углеводного комплекса - глюкозы, фруктозы, сахарозы - резорциновым и анилинфталатным методами бумажной хроматографии по И.Г. Завадской и др. [1]; пектиновых веществ (водорастворимого пектина и протопектина) - карбазольным методом [2].

Все аналитические определения выполнены в 3 – кратной биологической повторяемости. Данные статистически обработаны с использованием указаний Г.Ф. Лакина [3].

Результаты и обсуждение. Исходное сырье ромашки аптечной характеризуется весьма умеренным содержанием растворимых сахаров, составлявшим, по нашим оценкам, немногим более 6% сухой массы (табл. 1). Доминирующее положение в пуле растворимых сахаров занимала фруктоза, на долю которой приходилось свыше 60 % их общего количества, остальная его часть была представлена сахарозой (35 %) и глюкозой (около 3 %). В отличие от ранее исследовавшегося нами корня валерианы, для которого было показано обеднение сахарами в процессе сушки, для сырья ромашки аптечной, напротив, было

характерно заметное обогащение ими, независимо от примененного способа. Так, на выходе с **3-го яруса** сушилки общее содержание растворимых сахаров в нем при использовании озонированного сушильного агента, в зависимости от способа его подачи, составляло уже 7,6-8,4 %, что на 23-38 % превышало исходный уровень, при наибольших расхождениях в варианте опыта с одновременной подачей озона сверху и снизу (табл. 2). При обычном же способе сушки сырья относительные размеры увеличения общего содержания в нем растворимых сахаров были сопоставимы с таковыми в варианте с подачей озона снизу и не превышали 20 %. Забегая несколько вперед, заметим, что обогащение исследуемого сырья растворимыми сахарами сочеталось с его выраженным обеднением гидропектином, что наводит на мысль о возможных взаимопревращениях данных веществ в процессе сушки. В пользу этого предположения свидетельствует также наличие противоположных тенденций в динамике растворимых сахаров и пектинов в процессе сушки корня валерианы лекарственной, установленное в подобных исследованиях в 2005г.

Наиболее выразительные контрасты с исходным содержанием в сырье ромашки в пуле растворимых сахаров характеризовали доминирующую фракцию фруктозы. На **3-м этапе** процесса сушки с помощью озоно-воздушной смеси они достигали 23-44 %. При обычном способе сушки сырья относительные размеры увеличения содержания в нем фруктозы оказались вполне сопоставимы с таковыми в вариантах с использованием озона. В отличие от фруктозы, в динамике глюкозы в процессе сушки сырья, несмотря на ее мизерное содержание в нем, отчетливо прослеживались отрицательные тенденции. На **3-м этапе** процесса сушки наиболее значительные потери данного моносахарида отмечены в вариантах опыта с обычной сушкой и при подаче озона снизу. В двух же других вариантах с использованием озона отмечено либо отсутствие изменений в содержании глюкозы (1-й вариант), либо незначительная активизация ее накопления (2-й вариант), что обеспечивало на 38-46 % более высокое, чем при обычной сушке, содержание данной монозы в исследуемом сырье. Что касается сахарозы, то на данном этапе процесса сушки сырья наблюдалось увеличение ее содержания относительно исходного во всех вариантах опыта с использованием озона на 14-29 %, наиболее значительное в 1-м и 3-м вариантах, на фоне отсутствия изменений в ее содержании при обычном способе сушки сырья (см. табл. 2).

Таблица 1

Содержание растворимых сахаров в сырье ромашки аптечной на отдельных этапах сушки обычным способом и с помощью озонированного сушильного агента, % сухой массы

Режим сушки	Глюкоза				Фруктоза				Сахароза				
	M± m	t _к	t _б	t _м	M± m	t _к	t _б	t _м	M± m	t _к	t _б	t _м	
Контроль (исходн.)	0,17±0,01				3,78±0,12				2,18±0,08				
3 ярус Воздух	0,13±0,01	-3,5*			5,02±0,12	7,5*			2,13±0,08	-0,4			
Озон	1	0,18±0,01	1,0	4,6*	5,45±0,14	9,3*	2,5*		2,82±0,10	5,2*	5,6*		
	2	0,19±0	3,5*	6,4*	5,27±0,24	5,6*	0,9		2,49±0,08	2,8*	3,2*		
	3	0,12±0,01	-5,1*	-1,3	4,65±0,17	4,2*	-1,8		2,80±0,08	5,7*	6,1*		
4 ярус Воздух	0,09±0,01	-7,3*		-3,2*	4,14±0,08	2,5*		-6,3*	2,03±0,12	-1,0		-0,7	
Озон	1	0,15±0,01	-1,5	3,9*	-2,2	5,51±0,11	10,6*	9,9*	0,4	2,29±0,08	1,0	1,8	-4,3*
	2	0,11±0,01	-6,0*	1,1	-9,2*	5,42±0,10	10,8*	10,4*	0,6	1,82±0,10	-2,9*	-1,3	-5,4*
	3	0,15±0,01	-2,2	4,3*	2,5*	4,94±0,15	6,0*	4,7*	1,2	2,19±0,08	0,1	1,1	-5,6*
5 ярус Воздух	0,12±0,01	-8,0*		2,5*	5,20±0,14	7,8*		6,7*	1,75±0,05	-4,7*		-2,5*	
Озон	1	0,15±0,01	-1,6	2,8*	0	4,94±0,08	8,2*	-1,7	-4,2*	1,97±0,05	-1,2	2,8*	-1,9
	2	0,15±0,01	-1,8	2,4*	2,7*	5,18±0,13	7,9*	-0,1	-1,5	1,94±0,02	-3,0*	3,5*	1,2
	3	0,28±0,01	8,0*	12,8*	8,7*	4,49±0,12	4,3*	-3,9*	-2,5*	2,20±0,04	0,3	7,3*	0,2

Примечание: * - статистически достоверные различия t- критерию Стьюдента при p<0,05

t_к - различия с контролем;

t_б - различия с вариантом с воздушной сушкой;

t_м – различия между ярусами сушиллки

Режим сушки	Сумма сахаров				Глюкоза / Фруктоза				Монозы / Дисахарид				
	M ± m	t _к	t _б	t _м	M ± m	t _к	t _б	t _м	M ± m	t _к	t _б	t _м	
Исходное сырье	6,13±0,19				0,05±0,002				1,8±0,04				
3 ярус Воздух	7,29±0,05 6,0*				0,03±0,001 -9,1*				2,4±0,1 4,0*				
Озон	1	8,45±0,23	7,7*	4,8*	0,03±0,001	-7,4*	0,6		2,0±0,02	3,9*	-2,9*		
	2	7,95±0,31	5,1*	2,5*	0,04±0,002	-2,8*	3,9*		2,2±0,05	5,9*	-1,5		
	3	7,57±0,23	4,8*	1,2	0,03±0,001	-10,4*	-1,0		1,7±0,06	-1,6	-4,6*		
4 ярус Воздух	6,26±0,08 0,6 -10,5*				0,02±0,002 -9,0* -1,8				2,1±0,15 1,9 -1,5				
Озон	1	7,96±0,06	9,2*	16,0*	-2,0	0,03±0,002	-6,0*	1,5	-2,1	2,5±0,13	4,9*	1,9	3,7*
	2	7,35±0,09	5,9*	8,8*	-1,9	0,02±0,002	-9,9*	-1,0	-5,6*	3,1±0,19	6,4*	3,9*	4,4*
	3	7,27±0,19	4,3*	4,9*	-1,0	0,03±0,003	-4,8*	2,2	1,7	2,3±0,08	5,8*	1,3	6,5*
5 ярус Воздух	7,07±0,11 4,3* 5,8*				0,02±0,001 -11,0* -0,1				3,0±0,15 8,0* 4,4*				
Озон	1	7,06±0,13	4,0*	-0,1	-6,1*	0,03±0,003	-4,7*	2,7*	0,9	2,6±0,22	3,6*	-1,6	0,5
	2	7,26±0,14	4,8*	1,0	-0,5	0,03±0,003	-4,8*	2,5*	2,5*	2,7±0,04	17,2*	-1,9	-1,6
	3	6,97±0,10	4,0*	-0,6	-1,4	0,06±0,004	3,6*	8,7*	6,2*	2,2±0,07	4,4*	-5,4*	-1,5

Таблица 2

Относительные различия с исходным сырьем и между вариантами опыта в содержании растворимых сахаров в сырье ромашки аптечной на отдельных этапах сушки разными способами, %

Этап сушки	Вариант опыта	Глюкоза			Фруктоза			Сахароза			Сумма сахаров			
		1 ^{*)}	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
3	Воздух	-23,5			+32,8			-			+18,9			
	Озон	1	-	+38,5		+44,2	+8,6		+29,4	+32,4		+37,8	+15,9	
		2	+11,8	+46,2		+39,4	-		+14,2	+16,9		+29,7	+9,1	
	3	-29,4	-		+23,0	-		+28,4	+31,5		+23,5	-		
4	Воздух	-47,1		-30,8	+9,5		-17,5	-		-	-		-14,1	
	Озон	1	-	+66,7	-	+45,8	+33,1	-	-	-	-18,8	+29,8	+27,2	-
		2	-35,3	-	-42,1	+43,4	+30,9	-	-16,5	-	-26,9	+19,9	+17,4	-
	3	-	+66,7	+25,0	+30,7	+19,3	-	-	-	-21,8	+18,6	+16,1	-	
5	Воздух	-29,4		+33,3	+37,6		+25,6	-19,7		-13,8	+15,3		+12,9	
	Озон	1	-	+25,0	-	+30,7	-	-10,3	-	+12,6	-	+15,2	-	-11,3
		2	-	+25,0	+36,4	+37,0	-	-	-11,0	+10,9	-	+18,4	-	-
	3	+64,7	+133,3	+86,7	+18,8	-13,6	-9,1	-	+25,7	-	+13,7	-	-	

*) Примечание: 1- различия с исходным сырьем;

2- различия между вариантами опыта (озон/воздух);

3 – различия между ярусами сушиллки

Прочерк означает отсутствие статистически достоверных различий при $p < 0,05$

Принимая во внимание то обстоятельство, что при использовании озон-воздушной смеси кондиционные параметры влажности последнего достигаются уже на выходе с **3-го яруса сушилки**, приведенные выше результаты эксперимента позволяют заключить, что наибольшее содержание растворимых сахаров в исследуемом сырье, превышающее исходный уровень почти на 40 %, обеспечивается при одновременной подаче озонированного агента на верхний и нижний ярусы сушилки. Несколько меньшим превышением исходного уровня сахаров (на 30 %) характеризовался вариант опыта с подачей озона сверху, но в отличие от двух других вариантов с использованием данного агента, здесь наблюдалось увеличение выхода глюкозы на 12 %.

На **4-м этапе** процесса сушки сырья, на котором обычный способ обеспечивал достижение кондиционных параметров влажности последнего, отмечено восстановление в нем исходного уровня сахаров в варианте опыта с воздушной сушкой. При этом, как и на 3-м этапе сушки, отсутствовали различия с контролем в содержании сахарозы, но для фракции фруктозы было показано незначительное (не более 10 %) превышение исходного уровня, на фоне существенного (почти на 50 %) обеднения исследуемого сырья глюкозой (см. табл. 2), что при мизерном участии последней в пуле сахаров уравнивало увеличение выхода фруктозы в их общем балансе (см. табл. 1). В тех же вариантах опыта, в которых применяли озон-воздушную смесь, сохранялся достигнутый еще на 3-м этапе сушки заметно более высокий, чем в исходном сырье, общий уровень растворимых сахаров. При этом за счет снижения на 4-м этапе общего количества последних в варианте с воздушной сушкой, заметно усилились и межвариантные различия, при сохранении наиболее выраженных контрастов с вариантом, где подача озонированного сушильного агента осуществлялась одновременно снизу и сверху. Вместе с тем, несмотря на сохранение на данном этапе значительного превышения исходных запасов в сырье ромашки растворимых сахаров во всех вариантах опыта с использованием озона, в соотношении их отдельных фракций произошли существенные изменения. К примеру, как и в варианте опыта с обычной сушкой, наблюдалось восстановление исходного уровня дисахарида в 1-м и 3-м вариантах модифицированного способа, а в варианте с подачей озона сверху отмечено даже снижение его содержания на 16,5 %, сочетавшееся с обеднением сырья глюкозой на 35 % (см. табл. 2). Все это указывает на продолжающуюся и на данном, **4-м этапе** процесса сушки сырья трансформацию его углеводного состава, наиболее глубокую при использовании озона.

Таким образом, высушенное воздушным способом сырье ромашки аптечной, на выходе с **4-го яруса** сушилки характеризовалось сопоставимым с исходным общим уровнем растворимых сахаров, в том числе сахарозы, но более низким глюкозы и более высоким

фруктозы. Вместе с тем оно было на 16-27 % беднее ими сырьем, высушенного с помощью озона, особенно подававшегося одновременно сверху и снизу.

На 5-м, заключительном этапе процесса сушки отмечено повторное обогащение сырья растворимыми сахарами в варианте опыта с применением обычного способа, обусловленное существенной активизацией (почти на 40 %) накопления фруктозы, перекрывавшей заметные потери глюкозы и сахарозы (на 29 и 20 % соответственно). Во всех же вариантах опыта с использованием озонированного сушильного агента наблюдалось наметившееся еще на 4-м этапе сушки сокращение разрыва с исходным уровнем в общем содержании этих веществ, особенно при одновременной его подаче на верхний и нижний ярусы сушилки, связанное, главным образом, со снижением содержания в сырье фруктозы.

По нашим оценкам, суммарное содержание пектинов в сырье ромашки аптечной составляло 9,7 % сухой массы при сходном долевым участии гидро- и протопектина, на что указывало близкое к единице соотношение данных фракций пектиновых веществ (табл. 3). В процессе сушки сырья наблюдалась выраженная трансформация его пектинового комплекса, что проявлялось в количественных и качественных изменениях его состава. Так, в зависимости от режима сушки сырья, происходило его обеднение на 17-59 % растворимым пектином, на фоне преимущественного обогащения на 8-71 % протопектином, что значительно усиливало позиции последнего в комплексе этих веществ (табл. 4). Тем не менее указанные взаимопревращения пектинов лишь частично компенсировали потери гидропектина, поскольку в большинстве случаев отмечено снижение общего количества пектинов в процессе сушки сырья относительно исходного уровня на 16-35 %. Лишь в 2-х вариантах опыта (4 ярус – воздух и 5 ярус – озон 1) отмечено отсутствие достоверных различий с контролем по данному параметру, а в вариантах: 4 ярус – озон 3 и 5 ярус – воздух общее содержание пектинов в сырье превысило исходный уровень на 18,6 и 20,2 %.

Обращает на себя внимание, что на **3-м этапе** процесса сушки сырья воздушный способ обуславливал более значимые потери пектиновых веществ, нежели использование озонированного сушильного агента. Для сравнения покажем, что если в первом случае они составили 35 %, то во втором – не более 17-22 %. При этом наиболее щадящей оказалась подача озона на верхний ярус сушилки, обеспечившая даже некоторое пополнение фонда пектинов (на 4 %) в исследуемом сырье.

Таблица 3

Содержание пектиновых веществ в сырье ромашки аптечной на отдельных этапах сушки обычным способом
и с помощью озонированного сушильного агента, % сухой массы

Режим сушки	Гидропектин				Протопектин				Сумма пектиновых веществ				Протопект.:Гидропект.			
	M± m	t _к	t _б	t _м	M± m	t _к	t _б	t _м	M± m	t _к	t _б	t _м	M± m	t _к	t _б	
Контроль (исходн.)	4,91±0,06				4,77±0,04				9,68±0,10				0,97±0,10			
3 ярус Воздух	2,03±0,05 -37,6*				4,25±0,05 -8,0*				6,28±0,10 -24,1*				2,09±0,03 41,5*			
Озон	1	3,44±0,05	-19,8*	20,9*	4,55±0,04	-3,9*	4,9*	7,99±0,08	-13,1*	13,5*	1,32±0,01	32,1*	-26,8*			
	2	3,25±0,03	-25,7*	21,6*	6,81±0,12	15,8*	19,6*	10,6±0,12	2,5*	24,7*	2,10±0,05	24,6*	0,1			
	3	3,44±0,04	-20,1*	21,4*	4,10±0,04	-	-2,4	7,54±0,08	-16,5*	9,9*	1,19±0,01	39,3*	-33,3*			
4 ярус Воздух	3,22±0,02 -27,7* 22,6*				6,44±0,04 27,1* 33,4*				9,66±0,06 -0,2 29,7*				2,00±0,01 104,0*			
Озон	1	2,85±0,04	-28,7*	-8,1*	-9,5*	4,75±0,07	-0,3	-20,1*	2,5*	7,60±0,08	-15,9*	-20,3*	-3,4*	1,67±0,04	19,5*	-9,1*
	2	2,45±0,07	-27,8*	-11,2*	-11,1*	5,66±0,03	16,4*	-14,2*	-9,1*	8,11±0,04	-14,6*	-22,7*	-15,9*	2,32±0,08	17,7*	4,1*
	3	4,06±0,02	-13,7*	30,9*	12,8*	7,42±0,03	51,6*	19,0*	71,5*	11,48±0,02	17,2*	29,2*	46,7*	1,83±0,01	58,2*	-10,3*
5 ярус Воздух	3,50±0,01 -23,3* 12,5*				8,14±0,02 71,9* 36,1*				11,64±0,03 18,7* 31,4*				2,32±0,01 129,4*			
Озон	1	2,52±0,02	-38,5*	-39,3*	-7,0*	6,97±0,03	41,4*	-33,1*	28,4*	9,49±0,01	-1,9	-73,9*	22,4*	2,76±0,03	52,9*	12,6*
	2	2,36±0,02	-41,7*	-50,2*	-1,3	4,72±0,06	-0,7	-57,4*	-14,4*	7,08±0,07	-20,9*	-59,0*	-12,7*	2,00±0,01	78,4*	-20,0*
	3	2,03±0,04	-39,2*	-31,7*	-41,6*	5,16±0,05	5,7*	-54,2*	-38,4*	7,19±0,10	-17,9*	-45,1*	-43,6*	2,54±0,03	49,4*	6,5*

Примечание: * - статистически достоверные по t- критерию Стьюдента различия при p<0,05

t_к - различия с контролем;

t_б - различия с вариантом с воздушной сушкой;

t_м – различия между ярусами сушилки

Относительные различия с исходным сырьем и между вариантами опыта в содержании пектиновых веществ
в сырье ромашки аптечной на отдельных этапах сушки разными способами, %

Этап сушки	Вариант опыта		Гидропектин			Протопектин			Сумма пектиновых веществ		
			1 ^{*)}	2	3	1	2	3	1	2	3
3	Воздух		-58,7			-10,9			-35,1		
	Озон	1	-29,9	+69,5		-4,6	+7,1		-17,5	+27,2	
		2	-33,8	+60,1		+42,8	+60,2		+3,9	+60,2	
		3	-29,9	+69,5		-14,0	-		-22,1	+20,1	
4	Воздух		-34,4		+58,6	+35,0		+51,5	-		+53,8
	Озон	1	-42,0	-11,5	-17,2	-	-26,2	+4,4	-21,5	-21,3	-4,9
		2	-50,1	-23,9	-24,6	+18,7	-12,1	-16,9	-16,2	-16,0	-19,4
		3	-17,3	+26,1	+18,0	+55,6	+15,2	+81,0	+18,6	+18,8	+52,3
5	Воздух		-28,7		+8,7	+70,6		+26,4	+20,2		+20,5
	Озон	1	-48,7	-28,0	-11,6	+46,1	-14,4	+46,7	-	-18,5	+24,9
		2	-51,9	-32,6	-	-	-42,0	-16,6	-26,9	-39,2	-12,7
		3	-58,7	-42,0	-50,0	+8,2	-36,6	-30,5	-25,7	-38,2	-37,4

*) Примечание: 1- различия с исходным сырьем;

2- различия между вариантами опыта (озон/воздух);

3 – различия между ярусами сушилки

Прочерк означает отсутствие статистически достоверных различий при $p < 0,05$

На **4-м этапе** сушки воздушный способ способствовал восстановлению исходного уровня пектинов в сырье при адекватных размерах снижения содержания гидропектина и соответственно увеличения такового протопектина (см. табл. 4). В вариантах опыта с подачей озона комбинированным способом, а также на верхний ярус сушилки наблюдалось довольно значительное обеднение сырья пектинами (на 21,5 и 16,2 %), тогда как подача озонированного сушильного агента на нижний ярус сушилки, напротив, обеспечивала существенное (почти на 19 %) пополнение общих запасов пектиновых веществ в сырье ромашки. Данное обстоятельство, учитывая важное физиологическое действие этих соединений на человеческий организм, следует рассматривать весьма позитивно.

5-й этап сушки сырья, хотя и не имеет практического значения из-за завершенности данного процесса на предыдущем этапе, тем не менее, интересен с научной точки зрения. Так, при обычном (воздушном) способе сушки здесь было показано увеличение общего содержания пектинов в сырье на 20 % по сравнению с исходным уровнем. Как видим, заметные потери данных соединений на 3-м этапе сушки были полностью восстановлены на 4-м ее этапе, а уже на 5-м этапе отмечено весьма заметное пополнение их общих запасов в сырье. Для варианта опыта с комбинированной подачей озono-воздушной смеси лишь на **5-м этапе** сушки было показано восстановление исходного количества пектинов, тогда как при раздельной ее подаче на верхний и нижний ярусы сушилки наблюдалось снижение их содержания в сырье на 26-27 %.

Выводы. В результате сравнительного исследования степени трансформации углеводного комплекса лекарственного сырья ромашки аптечной на завершающих этапах сушки на паровых сушилках ленточного типа Г4-КСК-90 (3, 4 и 5-й ярусы) двумя способами – обычным (воздушным) и с использованием озono-воздушной смеси при подаче ее в 3-х режимах: 1- одновременно на верхний и нижний ярусы сушилки; 2 - на верхний ярус сушилки (сверху); 3 - на нижний ярус сушилки (снизу) установлено, что в процессе сушки сырья, независимо от примененного способа, происходило его обогащение на 14-38% растворимыми сахарами, на фоне обеднения на 16-35% пектиновыми веществами относительно исходного уровня. Установлено, что при обычном способе сушки сырье заметно уступало своему аналогу, высушенному модифицированным способом, в содержании всех фракций растворимых сахаров и гидропектина при более высоком содержании лишь протопектина, что однозначно свидетельствовало о целесообразности использования в этих целях озонированного сушильного агента. Среди 3-х испытывавшихся способов подачи последнего к

лекарственному сырью наиболее выраженные позитивные сдвиги в содержании углеводов обеспечивала подача озона-воздушной смеси на верхний ярус сушилки.

Литература

1. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. - М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 430 с.
2. Завадская И.Г., Горбачева Г.И., Мамушина Н.С. Количественное определение углеводов резорциновым и анилинфталатным методами с помощью бумажной хроматографии // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. М. - Л.: Изд-во АН СССР, 1962. - С. 17-26.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высш. шк., 1980. – 293 с.