

**КОШЕВАЯ Валентина Николаевна**

# **ИЗЫСКАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ И ГУММИ-ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФЕРМЕНТИРОВАННОГО РЖАНОГО СОЛОДА И КОНЦЕНТРАТА КВАСНОГО СУСЛА**

*Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.*

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.**

Актуальность работы. Перед пищевой промышленностью, в свете пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, стоят задачи ежегодного увеличения выпуска продуктов питания, расширения их ассортимента при постоянном повышении питательной и вкусовой ценности.

Одним из самых распространенных напитков в нашей стране является хлебный квас. Входящие в его состав аминокислоты, углеводы, молочная кислота, витамины и диоксид углерода придают ему освежающие и целебные свойства.

Готовится квас из специальных квасных хлебцов, солода или концентрата квасного сусла, получившего в последние годы большое распространение.

Концентрат квасного сусла на заводах страны готовят по разной технологии из сырого или сухого ферментированного и неферментированного ржаного солода с добавками несоложенных зернопродуктов. В результате этого в качестве готового концентрата квасного сусла имеются существенные различия. Технология этого продукта еще полностью не отработана.

С несоложенным сырьем и солодом в затор, вносится значительное количество гемицеллюлоз и гумми-веществ, которые усложняют процессы затирания и фильтрования квасного сусла.

Ржаной солод готовится в настоящее время по технологии, которая основывается, в основном, на эмпирических данных и научно не обоснована.

Актуальной задачей является разработка оптимального технологического режима приготовления ржаного солода и концентрата квасного сусла.

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы - изыскание оптимальных условий гидролиза некрахмальных полисахаридов при приготовлении ферментированного ржаного солода и концентрата квасного сусла. Для этого были поставлены следующие задачи:

- исследование содержания и физико-химических свойств гемицеллюлоз и гумми-веществ разных сортов ржи;
- изучение динамики гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе приготовления ферментированного ржаного солода;
- разработка технологического режима приготовления ржаного солода, обеспечивающего максимальную степень гидролиза гумми-веществ и гемицеллюлоз;
- определение изменения состава гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе приготовления квасного сусла и концентрата квасного сусла;
- разработка технологического режима приготовления концентрата квасного сусла, обеспечивающего максимальный выход экстрактивных веществ, а также

оптимальную степень гидролиза гемицеллюлозы и гумми-веществ перерабатываемого сырья.

### **НАУЧНАЯ НОВИЗНА**

Впервые определено содержание и изучены физико-химические свойства гемицеллюлозы и гумми-веществ при приготовлении ферментированного и неферментированного ржаного солода, квасного сусла и концентрата квасного сусла.

Разработан метод выделения гумми-веществ из ферментированного ржаного солода, квасного сусла и концентрата квасного сусла.

С целью снижения вязкости квасного сусла и увеличения содержания сухих веществ подобраны оптимальные дозировки соответствующих ферментных препаратов.

Определены эмпирические формулы для определения молекулярной массы гемицеллюлозы и гумми-веществ ржаного солода и концентрата квасного сусла.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ**

При изучении изменения содержания и состава гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе производства солода установлено, что основные гидролитические процессы заканчиваются в первые двое суток. Процесс накопления необходимого количества редуцирующих сахаров и аминного азота, расходуемых на образование меланоидинов, также заканчивается к концу вторых суток ферментации. Поэтому предложено сократить процесс ферментации до 2...3 суток, вместо 5...6 по существующей технологии.

На основании проведенных исследований разработана технологическая инструкция приготовления ферментированного ржаного солода, которая утверждена Упривопромом МПП СССР.

Готовый концентрат, приготовленный из солода с сокращенным сроком ферментации, по разработанной нами технологии, по физико-химическим и органолептическим показателям не отличается от концентрата, выпускаемого Ростов-Ярославским заводом, который по качеству признан лучшим в стране.

На способ приготовления концентрата квасного сусла подана заявка в Госкомизобретений и получено положительное решение.

### **РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Материалы исследований были использованы при составлении технологической инструкции по приготовлению ферментированного ржаного солода.

Способ производства ржаного солода сдан межведомственной комиссии.

Экономический эффект от внедрения этого способа составит 285,2 тыс. руб/год.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на 42, 43, 44, 45 и 46-й научных конференциях КТИПП / 1976, 1977, 1978, 1979, 1980 гг./

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, общим объемом 2,0 печатных листа. В печатных работах изложено 90% основных положений диссертации.

Объем работы. Диссертация изложена на 132 страницах машино-писного текста, включает 36 таблиц и 11 рисунков. Состоит из введения, обзора литературы, 7 глав экспериментальной части, выводов, списка использованной литературы, который содержит 133 работы, из них 114 на русском, 19 - на иностранном языке. Имеется 10 приложений

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой части обзор литературы, приведены сорта ржи, перспективные для производства солода. Описана природа некрахмальных полисахаридов злаков - гемицеллюлоз и гумми-веществ, их содержание, химический состав и физико-химические свойства, а также образование и превращение гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе созревания ржи. Описаны существующие способы производства ржаного солода и концентрата квасного сусла.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в лабораторных условиях КТИПП, на полупроизводственной установке Киевского экспериментального завода солодовых экстрактов и в производственных условиях Бердичевского солодовенного завода, а также Каунасского пиво-объединения "Рагутис".

В качестве объектов исследования использовали разные сорта ржи, а также образцы солода, квасного сусла и его концентратов, полученные нами в лабораторных и производственных условиях. Исследовались также препараты гемицеллюлоз и гумми-веществ, выделенные из ржи, солода, квасного сусла и его концентратов.

При подборе сортов ржи для исследования стремились отобрать самые перспективные, с высоким содержанием белка и крахмала. Образцы чистосортной ржи были получены от сортоучастков Украины и один несортной образец взяли на Киевском заводе солодовых экстрактов.

В работе использовались методы исследования, изложенные в специальной литературе, а также вновь разработанные авторами.

Состав препаратов исследовали методом бумажной хроматографии кислотных гидролизатов, в которых количество сахаров определяли по методу Хагедорна-Иенсена, содержание белка - по методу Кьельдаля, содержание золы - озолением в муфельной печи, вязкость - вискозиметром Оствальда, молекулярную массу - методом скоростной седиментации, плотность - пикнометрически с бензолом, редуцирующие сахара - по Вильштетеру-Шудлю, аминный азот - медным способом. Активность ферментов определяли по степени осахаривания субстрата и по снижению вязкости его раствора.

В технических опытах учитывали выход экстракта, содержание редуцирующих сахаров, аминного азота, вязкость, цветность и кислотность.

Содержание, химический состав и физико-химические свойства гемицеллюлозы и гумми-веществ ржи. Из подобранных для исследования семи сортов ржи, выделяли гумми-вещества и гемицеллюлозы. В табл.1 приведены обнаруженные колебания в содержании некрахмальных полисахаридов, из которых видно, что между содержанием гумми-веществ и гемицеллюлозы существует обратная зависимость. Так, если в один год урожая в данном сорте ржи содержится определенные количества гумми-веществ и гемицеллюлозы, а в другой год урожая количество гумми-веществ будет меньшим, то содержание гемицеллюлозы будет соответственно большим. Такие результаты говорят о тесной связи этих двух веществ как при их синтезе в период созревания зерне, так и при их гидролизе при производстве солода.

Таблица 1

## Содержание некрахмальных полисахаридов ржаного зерна

Сорт ржи	Содержание, % на СВ					
	гемицеллюлозы		гумми-веществ		Сумма гемицеллюлозы и гумми-веществ	
	1975	1976	1975	1976	1975	1976
Харьковская-55	11,84	8,24	4,66	5,95	16,50	14,19
Харьковская-194	-	10,94	-	4,40	-	15,34
Белта	10,57	11,60	4,45	3,63	15,02	15,28
Кустро	14,40	12,79	4,78	4,28	19,18	17,07
Деснянка-2	10,13	8,83	4,25	4,31	14,38	13,14
Вятка-2	8,42	-	7,42	-	15,84	-
Несортовая	9,51	12,50	5,66	4,36	15,17	16,86

Для проверки препаратов на чистоту в них определяли содержание белка и золы. Обращает на себя внимание прочность связи гемицеллюлозы ржи с белками: все выделенные препараты содержали значительное его количество 10,9...26,3. В отличие от гемицеллюлоз, вероятно, гумми-вещества меньше связаны с белками, и поэтому в выделенных препаратах белка почти не содержалось.

Углеводный состав препаратов определяли в их кислотных гидролизатах методом бумажной хроматографии. Оказалось, что препараты геми-целлюлоз и гумми-веществ идентичны и состоят из глюкозы, арабинозы и ксилозы. В гемицеллюлозах преобладает арабиноксилановая фракция, в гумми-веществах - глюкановая.

Относительная вязкость гемицеллюлоз в 0,5%-ном растворе при 30°C колебалась от 1,846 до 2,870. Установлено, что гумми-вещества разных сортов ржи обладают почти одинаковой вязкостью - 2,008...2,144 в 0,5%-ном растворе при 30°C.

Ввиду того, что препараты гемицеллюлоз и гумми-веществ, выделенные из разных сортов ржи, имели практически одинаковый состав, все дальнейшие изучения проводили на препаратах некрахмальных полисахаридов, выделенных на сорта Харьковская-55.

Динамика гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе приготовления ржаного солода. В этой главе изложены данные изменения содержания, химического состава и физико-химических свойств гемицеллюлоз и гумми-веществ при производстве ржаного солода.

Общее содержание этих полисахаридов см.табл. 2 при солодоращении снижается незначительно и плавно. Из них более интенсивно гидролизуются гемицеллюлозы, при этом, вероятно, образуются продукты подобные гумми-веществам. По-видимому, в результате этого количество гумми-веществ возрастает. Таким образом, процесс образования гумми-веществ протекает быстрее чем их гидролиз.

При ферментации создаются благоприятные условия для действия цитолитических ферментов, в результате чего происходит глубокий гидролиз, как гемицеллюлозы, так и гумми-веществ. Особенно заметно идет гидролиз в первые двое суток ферментации солода. При дальнейшей ферментации количество их изменяется незначительно.

Таблица 2

Изменение содержания некрахмальных полисахаридов при производстве ферментированного ржаного солода

	Количество, % на СВ		
	Гемицеллюлозы	гумми-веществ	Сумма гемицеллюлозы и гумми- веществ
Рожь	13,00	5,01	18,01
Замоченное верно	10,62	7,15	17,77
Солодоращение, суток:			
1	10,38	7,03	17,41
2	7,90	9,10	17,00
3	7,01	8,92	15,92
4	7,00	7,67	14,67
Ферментация, сутки:			
1	5,55	5,00	10,55
2	3,02	4,76	7,78
3	2,62	4,23	6,85
4	2,47	3,34	5,81
5	2,41	3,71	6,12
Сушка:			
после 3-х суток ращения	4,63	4,75	9,36
после 4-х суток ращения	3,57	5,37	8,94
после 2-х суток ферментации	2,27	3,94	6,21
после 5-ти -"-	2,32	3,45	5,77

Химический состав некрахмальных полисахаридов ржаного солода приведен в табл. 3.

Таблица 3

Изменение углеводного состава гемицеллюлозы и гумми-веществ в процессе производства ржаного солода

	Углеводный состав кислотных гидролизатов, % к исходному					
	гемицеллюлоза			гумми-вещества		
	глюкоза	арабиноза	ксилоза	глюкоза	арабиноза	ксилоза
Рожь	27	27	46	55	33	12
Замоченное верно	41	28	31	75	12	13
Солодоращение, сутки :						
1	35	23	42	49	21	30
2	30	30	40	82	9	9
3	24	42	34	75	9	16
4	11	38	51	64	15	21

Ферментация, сутки:						
1	17	37	46	66	13	21
2	4	38	58	72	16	12
3	41	55	75	12	12	13
4	2	38	60	71	16	13
5	1	38	61	72	16	12
Сушка:						
после 3-х суток рашения	14	31	55	72	15	13
после 4-х суток рашения	11	27	62	58	18	24
после 2-х суток ферментации	4	44	52	62	17	21
после 5-ти суток ферментации	следы	38	62	54	20	26

Содержание глюкозы в препарате гемицеллюлозы при замачивании зерна увеличивается по сравнению с несоложенной рожью, а при проращивании и ферментации уменьшается с 21% до 1. Углеводный состав гумми-веществ непостоянный. Это можно объяснить тем, что при проращивании и ферментации идет не только гидролиз гумми-веществ, но и образование их из гемицеллюлоз. После 3-х суток ферментации, когда действие цитолитических ферментов почти прекращается, состав препаратов также меняется незначительно.

Величина влажности препаратов гемицеллюлоз и гумми-веществ колебалась от 9 до 14 % и учитывалась при приготовлении растворов для изучения свойств этих веществ.

Содержание белка в препаратах гумми-веществ отсутствовало, а в гемицеллюлозе при солодоращении уменьшалось с 9 % до нуля, в препаратах, выделенных из ферментированного солода, белка не содержалось

Содержание золы колебалось в гемицеллюлозе от 2,1 до 8,6 %, в гумми-веществах от 2,1 до 4,2 %.

При наличии в препаратах декстринов крахмала (определяли по йодной пробе) их обрабатывали амилосубтилином ГЮх, в котором предварительно инактивировали эндо-β-полиглюкозидазную активность.

Вязкость определяли в 0,5%-ных растворах препаратов гемицеллюлоз и гумми-веществ вискозиметром Оствальда при температуре 30°C.

По данным Кретовича и Петровой (1947), Ириса (1952), Подразки (1964), водные растворы гумми-веществ ржи обладают высокой вязкостью, что имеет большое значение при производстве концентрата квасного сула. Можно полагать, что именно высокое содержание гумми-веществ является одной из главных причин высокой вязкости концентратов. Поэтому при исследовании изменений гемицеллюлоз и гумми-веществ в процессе производства солода проводилось обстоятельное изучение их вязкости.

Вязкость гемицеллюлозы (см.табл. 4) при замачивании ржи уменьшается, а при проращивании до конца 3-х суток увеличивается, при дальнейшем солодоращении и ферментации - уменьшается.

Вязкость гумми-веществ при замачивании и солодоращении уменьшалась, за исключением 1-х и 4-х суток, где она заметно увеличивалась.

При ферментации происходит постепенное уменьшение вязкости. Увеличение вязкости некрахмальных полисахаридов в отдельные дни солодоращения объясняется изменением углеводного состава, что связано с развитием зародыша зерна.

Представляло интерес сравнить вязкость солода 2-х и 5-я суточной ферментации. Как оказалось, гумми сырого солода 5-ти суточной ферментации имели вязкость несколько меньшую, чем гумми солода 2-х суточной ферментации. В высушенном солоде этой разницы не наблюдалось.

На основании полученных данных можно утверждать, что с точки зрения степени гидролиза некрахмальных полисахаридов, а, следовательно, и вязкости сусла солода эти солода почти равноценны.

Наиболее объективной величиной, характеризующей вязкость таких высокомолекулярных веществ как некрахмальные полисахариды ржаного зерна, является характеристическая вязкость. Она определяется в разбавленных растворах, где межмолекулярное взаимодействие может считаться исключенным.

Как видно из рис. 1, характеристическая вязкость растворов гемицеллюлозы в процессе производства ферментированного ржаного солода сильно уменьшается. Характеристическая вязкость  $[\eta]$  гумми-веществ, как видно из рис.2, изменяется неравномерно.

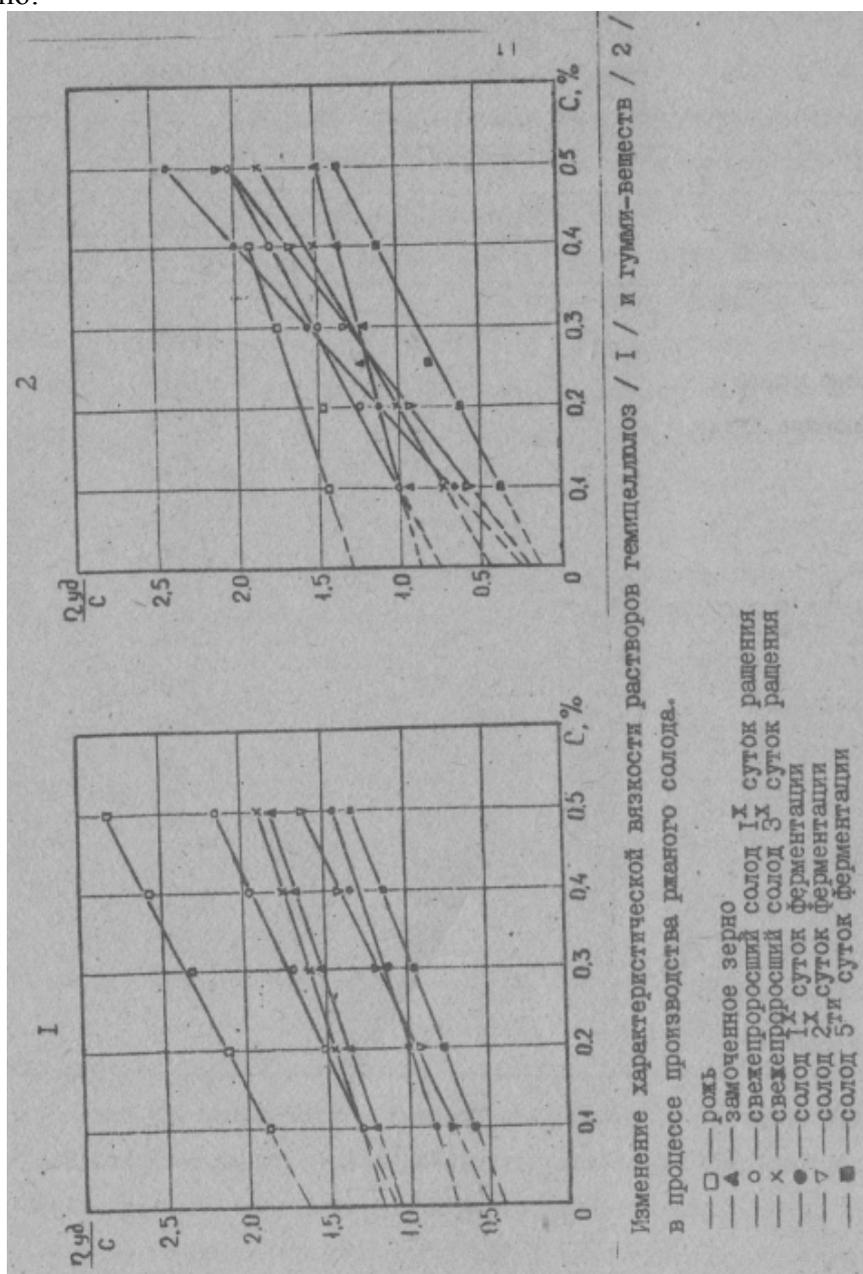


Таблица 4

## Изменение относительной вязкости некрахмальных полисахаридов в процессе производства ржаного солода

Образец	Относительная вязкость 0,5%-ного раствора	
	гемицеллюлоз	гумми-веществ
Рожь	2,620	2,446
Замоченное зерно	1,790	1,610
Солодоращение сутки:		
1	2,073	2,779
2	2,415	1,699
3	2,585	1,805
4	2,378	2,248
Ферментация после 3-х рашения, сутки:		
1	2,400	1,455
2	2,060	1,431
3	2,075	1,428
4	1,880	1,355
5	1,439	1, 236
Сухой солод после:		
3-х суток рашения	2,098	1,716
4-х суток рашения	2,305	2,040
2-х суток ферментации	1,998	1,284
5-ти суток ферментации	1,830	1,511

Большая гигроскопичность гумми-веществ в сравнении с другими веществами эндосперма обуславливает, по-видимому, быстрое поглощение влаги и тем самым протекание гидролиза со значительным снижением вязкости уже в процессе замачивания. При солодоращении вязкость уменьшается, что объясняется изменением состава гумми-веществ за счет гидролиза гемицеллюлоз. В процессе ферментации характеристическая вязкость уменьшается, особенно интенсивно на вторые сутки.

Известно, что физико-химические свойства всех веществ зависят от их молекулярной массы, которую в данном исследовании определяли методом скоростной седиментации на ультрацентрифуге Г-120. На основании проведенных опытов построен график зависимости и определены коэффициенты к уравнению Мерка-Куна-Хаувинка.

$$[\eta] = 0,2195 \cdot 10^{-5} \text{ М для гемицеллюлозы,}$$

$$[\eta] = 0,8024 \cdot 10^{-5} \text{ М для гумми-веществ.}$$

Пользуясь этими формулами, можно определить молекулярную массу гемицеллюлоз и гумми-веществ по их характеристической вязкости. Данные определения молекулярной массы приведены в табл. 5.

Таблица 5

## Изменение молекулярной массы гемицеллюлозы и гумми-веществ в процессе производства ржаного солода

Образец	Молекулярная масса			
	гемицеллюлоз		гумми-веществ	
	эксперим.	расчет.	эксперим.	расчет.
Рожь	590000	628870	251000	201890
Замоченное зерно	412000	373570	105000	130850
Свежепроросший солод, суток рращения:				
1	-	341630	-	137080
3	258000	218670	156000	143320
Ферментированный солод, суток :				
1	-	113890	-	99700
2	77000	91110	67500	68540
5	-	82000	-	49856

Совершенствование технологического регламента производства ржаного солода. На основании многократных исследований установлено, что оптимальной влажностью для солодоращения ржи в производственных условиях является 47...49 %.

Наиболее рациональным режимом солодоращения ржи оказалось проведение процессов замачивания и проращивания в одном аппарате - солодорастильном ящике.

При изучении процессов ферментации было установлено, что ферментативный гидролиз некрахмальных полисахаридов, а также накопление аминного азота и редуцирующих сахаров протекает наиболее интенсивно в первые двое суток ферментации. В последующие сутки из образовавшихся продуктов идет синтез красящих веществ - меланоидинов.

При производстве концентрата квасного сусла для образования меланоидинов может быть предусмотрена специальная температурная пауза. Поэтому длительная ферментация солода для накопления красящих веществ экономически нецелесообразна, так как связана с большими потерями сухих веществ.

Исходя из изложенного, следует, что после солодоращения ржи целесообразно проводить 2-х-3-х суточную ферментацию в том же солодорастильном ящике.

Сушку солода следует также проводить в ящике, без перемещения ферментированного солода, транспортирование которого по причине жидкой консистенции зерна затруднительно.

Испытание нового технологического режима производства ржаного солода неоднократно проводили на Бердичевском солодовенном заводе. Сухой солод 2-х суточной ферментации отвечал требованиям ОСТ 18-218-75, за исключением в нем показателя цветности в некоторых партиях, которая была несколько меньшей. Однако для производства концентрата этот показатель не имеет большого значения, так как красящие вещества образуются в ходе технологии концентрата и особенно на последней стадии - термообработке.

Представляло интерес сравнить степень гидролиза некрахмальных полисахаридов солодов Бердичевского, выработанного по предложенной технологии и Брянского заводов. Выбор солода Брянского завода в качестве эталонного образца объясняется тем, что этот солодовенный завод является самым крупным в стране, и его ржаной солод считается самым лучшим. Как оказалось, в сухом солоде Бердичевского завода после 2-х суток ферментации содержание гемицеллюлоз и гумми-веществ такое же, как в Брянском сухом солоде после 5-ти суток ферментации, Вязкость 0,5%-го раствора этих солодов мало различается между собой 1,44..1,32 . Таким образом, с точки зрения содержания некрахмальных полисахаридов и их вязкости эти солода равноценны.

#### Влияние качества сырья и способа приготовления квасного сусла на химический состав и физико-химические свойства его концентратов.

Концентрат квасного сусла является сравнительно новым продуктом, который начали вырабатывать 15...20 лет тому назад. Технология его еще не отработана. До настоящего времени концентрат квасного сусла вырабатывают из сухих и сырых зернопродуктов по различным технологиям. Поэтому и готовый продукт различных предприятий имеет свои отличительные особенности.

Образцы концентратов квасного сусла отбирали на заводах-изготовителях и определяли их физико-химические показатели методами, принятыми в промышленности.

Содержание сухих веществ находилось в пределах 68,5...70,9 % редуцирующие сахара - 35,4...48,8 г/100 г, аминного азота - 266...479 мг/100 г.

Цветность была более низкой, а вязкость более высокой у концентратов Константиновского, Каменка-Бусского и Киевского заводов, что, вероятно, можно объяснить отсутствием на указанных заводах заключительной стадии - термообработки, в процессе которой накапливаются красящие вещества и снижается вязкость. Высокую вязкость концентратов, по-видимому, можно объяснять большим содержанием в них гумми-веществ. Для этого из всех образцов были выделены гумми-вещества и изучен их состав.

#### Содержание, углеводный состав и физико-химические свойства гумми-веществ концентрата квасного сусла в зависимости от технологии его приготовления.

Количество и физико-химические свойства гумми- веществ концентратов приведены в табл.6, из которой видно, что наибольшее содержание их в концентрате квасного сусла Каунасского завода. По-видимому это можно объяснить тем, что для производства этого концентрата используется 3-х суточный свежепросошенный солод.

Проверка выделенных препаратов на чистоту показала, что все они не содержали белка и декстринов, а содержание золы колебалось от 1,80 до 5,95 %.

Изыскание оптимальных условий гидролиза гумми-веществ в процессе приготовления квасного сусла. На заводах, вырабатывающих концентрат квасного сусла, применяются различные ферментные препараты, дозировки которых подбираются эмпирически и зачастую научного обоснования не имеют.

Изучение ферментных систем применяющихся в пиво-безалкогольной промышленности ферментных препаратов, показало, что наибольшей эндо-β-полиглюкозидазной активностью обладают цитороземин Пх и амилоризин Пх. Кроме этого амилоризин Пх обладает значительной амилолитической, а также протеолитическими активностями. Поэтому эти два ферментные препараты были выбраны как наиболее подходящие для использования при затирании ржаных зернопродуктов, в целях обеспечения ферментативного гидролиза некрахмальных полисахаридов, крахмала и белков.

Таблица 5

## Физико-химические свойства гумми-веществ концентрата квасного сусла

Завод изготовитель	Количество гумми-веществ, г в 100 г концентрата	Относительная вязкость 0,5%-го раствора	Характеристическая вязкость $[\eta]$	Молекулярная масса	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Углеводный состав гидролизатов, % к исходному		
						глюкоза	арабиноза	ксилоза
Ростов-Ярославский	10,26	1,2217	0,090	80500	1,1773	88	6	6
Запорожский	8,98	1,1206	0,080	72390	1,460	88	3	9
Константиновский	10,63	1,3193	0,210	190000	1,2112	73	6	21
Каунасский	15,40	1,2560	0,120	108590	1,2600	77	9	14
Каменка-Бусский	12,32	1,3202	0,210	190000	1,2478	78	4	18
Киевский по старой схеме	10,59	1,3424	-	-	-	78	3	19
Киевский по новой схеме	8,26	1,2121	0,095	86880	-	91	3	6
Концентрат по разработанной технологии	8,52	1,2195	0,100	90497	1,1394	93	1	6

Подбор оптимальных дозировок этих ферментных препаратов проводили методом математического планирования полного факторного эксперимента на модельных растворах гумми-веществ ржи. В качестве параметра оптимизации принимали степень гидролиза гумми-веществ. Субстратом служил 1 % раствор гумми-веществ - примерно такое же количество гумми находится в заторе. Влияющими факторами явились ферментные препараты в одном случае амилоризин Пх, в другом - цитороземин Пх, в третьем - смесь амилоризина Пх и цитороземина Пх, температура и время гидролиза.

В результате проведенных опытов было установлено, что оптимальными для гидролиза гумми-веществ являются температура 45°C, время выдержки 30 мин и добавка 1 % ферментных препаратов (80 ед эндо-β- полигликозидазной активности на 1 г гумми-веществ) к массе затираемых зернопродуктов.

Для достижения минимальной вязкости несоложенной части затора были поставлены опыты по затиранию ржаной муки с добавками ржаного неферментированного солода, ячменного солода, ферментных препаратов, а также различные сочетания, ржаного солода и ферментных препаратов. В результате исследования было установлено, что более глубокое воздействие на ржаную муку оказывает совместное действие солода и амилоризина Пх. На основании полученных результатов было рекомендовано добавлять к несоложенной муке при ее предварительной подготовке 5 % ржаного солода к массе затираемой муки совместно с 1 % амилоризина Пх или цитороземина Пх при их стандартной активности.

Представляло интерес определить время, необходимое для кипячения несоложенной части затора. Оказалось, что достаточным является уже 30-минутное кипячение несоложенной части затора, так как оно наиболее благоприятно сказывается в дальнейшем на процессе фильтрации сусла.

Самым подходящим для общего затора является гидромодуль 1:5. Для наиболее полного гидролиза составных веществ ржаного солода и несоложенной ржи были подобраны следующие температурные паузы при затирании:

45°C – 30 минут;

63°C – 60 минут;

72°C – до полного осахаривания 20...40 мин;

78°C – 15...20 минут.

Осахаренный затор фильтровали и в сусле определяли содержание сухих веществ, редуцирующих сахаров, аминного азота, кислотность, а также вязкость. Данные приведены в таб.7. При подготовке несоложенной части затора и в общий затор вносили одинаковое количество ферментных препаратов. Как видно из табл.7, наилучшие результаты получены в случае добавок смеси ферментных препаратов амилоризина Пх и цитороземина Пх.

В процессе затирания следили за изменением содержания и состава некрахмальных полисахаридов.

В сырье, из которого, готовили заторы, предварительно определяли содержание гемицеллюлоз и гумми-веществ.

Для того, чтобы выяснить изменение некрахмальных полисахаридов в процессе приготовления сусла, после каждой температурной паузы отбирали пробы затора, фильтровали их и из сусла и промывных вод выделяли гумми-вещества по разработанному нами способу, а из дробины - гемицеллюлозы и гумми-вещества. Данные приведены в табл.8.

Наилучшие результаты были получены при добавках основному затору одновременно цитороземина Пх и амилоризина Пх, гидролиз некрахмальных полисахаридов в этом случае достигал 50 %.

Таблица 7

Показатели готового квасного сусла приготовленного с добавками ферментных препаратов при затирании зернопродуктов

Дозировки ферментных препаратов, в ед. активности на 1г соответствующего субстрата	Содержание в сусле СВ, %		Вязкость относительная		Редуцирующие сахара, г на		Аминный азот, мг на		Кислотность, мл 1н NaOH на	
	сусла	в расчете на 1 г СВ	100 мл сусла	100 г экстракта	100 мл сусла	100 г экстракта	100 мл сусла	100 г экстракта	100 мл сусла	100 г экстракта
Контроль										
Без добавки ферментных препаратов	5,30	0,53	6,35	25,93	25,04	260	1,38	13,80		
Амилоризин Пх, 80 ед.	3,97	0,37	7,95	73,91	41,00	381	2,40	22,31		
Цитороземин Пх, 80 ед.	3,72	0,35	7,61	72,13	31,04	294	2,30	21,80		
40 ед. амилоризина Пх + 40 ед. цитороземина Пх	3,54	0,31	8,72	76,95	47,40	418	2,40	21,17		

Таблица 8

## Гидролиз некрахмальных полисахаридов при приготовлении квасного сусла

Температурные паузы при затирании и добавляемые ферментные препараты	Количество некрахмальных полисахаридов, внесенных в затор, г			Содержание гумми-веществ, г		Содержание гемицеллюлозы в дробине, г	Количество некрахмальных полисахаридов, содержащихся в заторе, г	Степень гидролиза некрахмальных полисахаридов, %
	сумма	в том числе:		в сусле	в дробине			
		гемицеллюлозы	гумми-веществ					
Без ферментных препаратов								
Подготовка несоложенной муки								
45°C	8,70	5,66	3,04	2,63	0,40	5,49	8,52	2,07
63°C				2,64	0,39	5,48	8,51	2,20
Кипячения				2,67	0,39	5,37	8,43	3,10
Основной затор:								
45°C	12,25	6,65	5,60	4,95	0,76	5,58	11,29	7,84
52°C				5,37	0,76	5,02	11,16	8,90
63°C				5,38	0,76	5,01	11,15	9,00
72°C				5,41	0,70	4,88	10,66	12,98
78°C				5,31	0,69	4,66	10,99	10,30
Амилоризин Пх, 80 ед.	12,85	6,65	5,60	4,06	0,31	2,82	7,19	41,31
Цитороземин Пх, 80 ед.	12,25	6,65	5,60	4,12	0,32	2,83	7,32	40,21
40 ед. амилоризина Пх + 40 ед. цитороземина Пх	12,25	6,65	5,60	3,36	0,25	2,61	6,22	49,22

В выделенных из суслу и дробины препаратах гумми-веществ и гемицеллюлозы определяли физико-химические показатели. Вязкость гумми-веществ суслу, приготовленного с ферментными препаратами, была несколько ниже, чем в контроле.

Производственные испытания по приготовлению концентрата квасного суслу проводились на Каунасском пивзаводе «Рагутис». Квасное сусло готовили по разработанному нами технологическому режиму из солода с сокращенным сроком ферментации. В процессе приготовления суслу не наблюдалось никаких осложнений. Качество полученного концентрата было подобным качеству концентрата Ростов-Ярославского завода, признанного специалистами лучшим в стране.

Для полной характеристики качества концентрата квасного суслу, полученного по разработанной технологии, из него были выделены и проанализированы гумми-вещества. Образцы концентрата отбирали до и после его термообработки. Оказалось, что содержание гумми-веществ в концентрате до термообработки в 1,6 раза больше чем после нее.

Для проверки влияния термообработки концентрата на содержание в нем гумми-веществ были приготовлены модельные растворы с таким же содержанием гумми-веществ, аминокислот и мальтозы, а также рН, как в концентрате квасного суслу. Модельные растворы выдерживали в течение 30 минут при температуре 120°C.

Было установлено, что в гумми-веществах концентрата до термообработки в углеводном составе преобладает пентозановая фракция, после нее - глянковая, понижается вязкость 0,5%-го раствора гумми. Молекулярная масса гумми-веществ концентрата в результате его термообработки снижается в два раза, что свидетельствует о протекании гидролиза гумми-веществ на этой технологической стадии.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Суммарное содержание гемицеллюлоз и гумми-веществ в разных сортах ржи составляет 15,8 ... 18,1 % по массе сухих веществ, из них содержание гемицеллюлозы колеблется от 8,4 до 14,4 %, а гумми-веществ - от 3,7 до 7,4 %.

2. Гумми-вещества всех сортов ржи обладают высокой вязкостью. Относительная вязкости их 0,5%-ных водных растворов при 30 °С колеблется от 1,654 до 2,404.

3. При кислотном гидролизе как гемицеллюлозы, так и гумми-вещества ржи дают глюкозу, арабинозу и ксилозу. В гемицеллюлозе преобладает арабиноксилановая фракция 58...74 %, а в гумми-веществах - глянковая 66...85 %.

4. В результате процессов ферментативного гидролиза, происходящих при замачивании, солодоращении и ферментации особенно в первые двое суток ржаного солода содержание гемицеллюлозы снижается до 3 %, а гумми-веществ до 5 %. При дальнейшей ферментации количество этих полисахаридов мало уменьшается.

5. Ферментативный гидролиз гемицеллюлозы и гумми-веществ, а также процесс накопления необходимого количества редуцирующих сахаров и аминного азота, расходуемых на образование меланоидинов, в основном, заканчивается к концу вторых суток ферментации ржаного солода.

6. Характеристическая вязкость гемицеллюлозы при солодоращении ржи и ферментации солода уменьшается примерно в 9 раз, а гумми-веществ - в 3 раза по сравнению с несоложенной рожью..

7. Экспериментальным путем определены величины молекулярной массы гемицеллюлозы и гумми-веществ ржи, а также ее динамика при солодоращении и ферментации солода. Получены уравнения для расчета молекулярной массы гемицеллюлозы и гумми-веществ ржи и ржаного солода.

8. Разработан технологический режим приготовления ферментированного ржаного солода, учитывающий гидролиз не только крахмала и белков, но и некрахмальных полисахаридов. Солод 2-х суточной ферментации, полученный по этому режиму, как по физико-химическим показателям, так и по степени гидролиза гемицеллюлозы и гумми-веществ не отличается от солода с 5-ти суточным сроком ферментации.

9. Гемицеллюлозы и гумми-вещества, в процессе приготовления заторов, под действием ферментов солода гидролизуются до низкомолекулярных соединений лишь на 13 %, а при применении таких ферментных препаратов, как амилоризин Пх и цитороземин Пх, на 40...49 %.

10. Разработан технологический режим приготовления квасного сусла, учитывающий гидролиз не только крахмала и белков, но и гемицеллюлозы и гумми-веществ. Концентрат квасного сусла, приготовленный по разработанной технологии из солода с сокращенным сроком ферментации, как по физико-химическим так и по органолептическим показателям был подобен лучшим образцам концентратов, вырабатываемых отечественными предприятиями.

Материалы, изложенные в диссертации опубликованы в следующих статьях:

1. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А., Мальцев П.М. Изменение гумми-веществ в процессе приготовления ржаного солода. - Известия ВУЗов "Пищевая технология", 1978, № 1, с. 64...66.

2. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А., Салманова Л.С., Мальцев П.М. Содержание и физико-химические свойства некоторых некрахмальных полисахаридов ржи. - Прикладная биохимия и микробиология, 1978, том 14, вып. 5, с. 742...746.

3. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А. Изменение вязкости некрахмальных полисахаридов ржи в процессе приготовления ржаного солода. Науч.произ.сборник "Пищевая пром-ность", 1979, № 3, с. 49...52.

4. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А., Мальцев П.М. Изменение гемицеллюлозы в процессе приготовления ржаного солода. - Известия ВУЗов "Пищевая технология", 1979, 3, с. 53...54.

5. Емельянова Н.А., Кошечая В.Н. Изменение молекулярной массы и плотности гемицеллюлозы и гумми-веществ при производстве ржаного солода. - Известия ВУЗов "Пищевая технология", 1978, №5, с. 54...57.

6. Емельянова Н.А., Кошечая В.Н., Пиржак Р.В. Определение потерь сухих веществ при производстве ржаного солода., - ЦНИИТЭИпище-пром, 1979, № 9, с. 6...7.

7. Емельянова Н.А., Голобородько М.Н., Гречко Н.Я., Кошечая В.Н. Производство ржаного солода по совмещенному способу – Науч.произ.сборник "Пищевая пром-ность", 1979, с. 45...56.

8. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А. Гумми-вещества концентратов квасного сусла. - Известия ВУЗов "Пищевая технология", 1980, № 2, с.

9. Кошечая В.Н., Емельянова Н.А., Яковкина Е.А. Изменение вязкости некрахмальных полисахаридов ржи в процессе приготовления ржаного солода. - Известия ВУЗов "Пищевая технология", 1980, № 3, с.