

УДК 663.452.1, УДК 663.452.2

UDC 663.452.1, UDC 663.452.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДА ГЛАВНОГО  
БРОЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
НИЗКОКАЛОРИЙНОГО ПИВА**

**STUDY PROGRESS OF THE MAIN  
FERMENTATION IN THE PRODUCTION OF  
LOW-CALORIE BEER**

Перевышина Татьяна Андреевна

Perevyshina Tatyana Andreevna

Емельянов Сергей Александрович  
д.т.н., доцент  
*ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный  
университет» г. Ставрополь*

Emelyanov Sergey Aleksandrovich  
Dr.Sci.Tech, associate professor  
*North-Caucasus Federal University, Stavropol region,  
Russian Federation*

Проведено исследование хода главного брожения  
глубокосбраживающих рас дрожжей для  
получения низкокалорийного пива, определена  
оптимальная доза внесения дрожжей и  
оптимальная раса для получения  
низкокалорийного пива

The research progress of the main fermentation of  
deep-fermentation yeast races for low-calorie beer,  
determined the optimal dose of pitching and best race  
for a low-calorie beer

Ключевые слова: БРОЖЕНИЕ, ДРОЖЖИ, РАСА,  
МОЛОДОЕ ПИВО, ЭКСТРАКТ, СТЕПЕНЬ  
СБРАЖИВАНИЯ, НИЗКОКАЛОРИЙНОЕ ПИВО

Keywords: FERMENTATION, YEAST, RACE,  
YOUNG BEER, EXTRACT, DEGREE OF  
FERMENTATION, LOW-CALORIE BEER

Разработка новых видов пищевых продуктов – одна из тенденций в развитии пищевой технологии и экономики в целом. Это позволяет наладить выпуск товаров, максимально удовлетворяющих потребностям покупателей, повысить их качество, расширить ассортимент. Новые виды пищевых продуктов должны помочь компенсировать негативное влияние на здоровье человека такой актуальной сегодня проблемы, как изменение структуры и качества питания, а значит, спрос на низкокалорийные продукты в ближайшие годы будет расти во всем мире.

Производство низкокалорийных продуктов с высокими органолептическими показателями позволит расширить ассортимент предприятий и занять новые потребительские ниши, предлагая потребителям низкокалорийный, но полноценный натуральный продукт.

Актуальность работы заключается в создании сбалансированного низкокалорийного пива с пониженным содержанием углеводов, которое можно достичь, моделированием одного из важнейших процессов в пивоварении – главным брожением.

Главное брожение – процесс расщепления дрожжами основного количества углеводов с образованием этилового спирта, диоксида углерода, побочных продуктов брожения и формирования оптимального состава молодого пива.

Процесс главного брожения зависит от ряда факторов: способа сбраживания, состава сусле, температуры брожения, величины бродильного аппарата, но наибольшее значение имеет раса дрожжей, от которого зависят вкус и аромат готового пива. Наиболее пригодными при производстве низкокалорийных сортов пива считаются быстро- и глубокосбраживающие дрожжи, которые обеспечивают хорошее осветление и мягкий вкус пива [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

**Цель работы** – исследовать процесс главного брожения глубокосбраживающих рас дрожжей для получения низкокалорийного пива.

**Задачи исследования:**

1. Определить оптимальную дозу внесения глубокосбраживающих рас дрожжей.
2. Выявить оптимальную расу дрожжей по характеру роста клеток в процессе главного брожения для получения низкокалорийного пива.

Для исследования возможности и особенностей проведения процесса главного брожения при производстве низкокалорийного пива использовали три расы дрожжей Rh, 34/70 и 34, рекомендованных как глубокосбраживающие, для получения пива с пониженным содержанием углеводов. Эти расы рекомендуют использовать для теплого брожения.

Раса Rh – дрожжи сильно- и быстросбраживающие. С хорошим оседанием. Рекомендуются для производства пива в цилиндрико-конических танках (ЦКТ) и по классической технологии брожения.

Раса 34/70 – дрожжи глубокоображивающие. Обладают хорошей флокуляционной способностью и большим приростом бактериальной массы.

Раса 34 – дрожжи глубокоображивающие. Оседание хорошее, образуют небольшое количество диацетила и большое количество высших спиртов.

### **Определение оптимальной дозы внесения различных рас дрожжей**

Главное брожение протекает в несколько стадий. Они отличаются друг от друга и характеризуются изменением внешнего вида поверхности бродящего сусла, изменением температуры, понижением экстрактивности сусла и степенью осветления молодого пива.

Определяли ход главного брожения при различной дозе внесения дрожжей в пивное сусло, рецептура которого была разработана в ходе ранее проведенных исследований (8% лабораторное сусло, сваренное с заменой 10% солода овсом и применением ферментного препарата Аттенузим Flex).

Для исследования было приготовлено 9 образцов с внесением трех рас дрожжей Rh, 34/70, 34 с задачей в количестве  $10 \cdot 10^6$ ,  $20 \cdot 10^6$ ,  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>. Задача дрожжей проведена при температуре 11°C. Динамика процесса главного брожения представлена на рисунке 1-3.

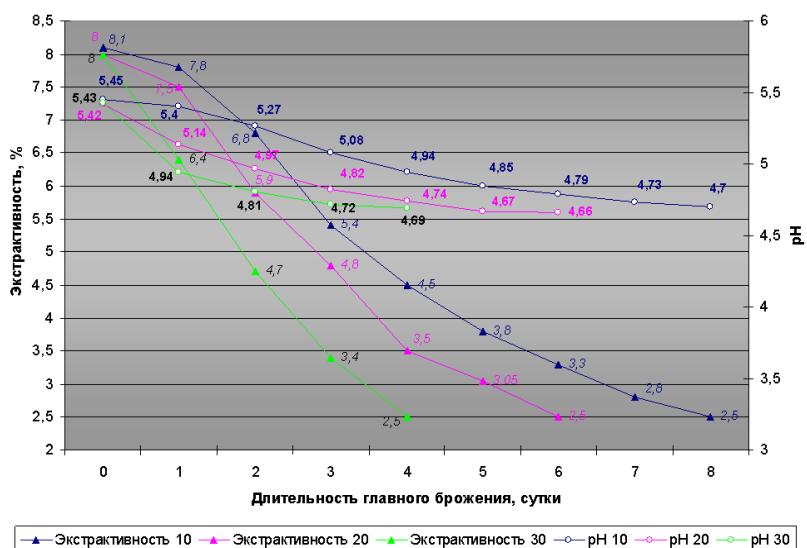


Рисунок 1 – График главного брожения расы дрожжей RH, при дозе внесения  $10 \cdot 10^6$ ,  $20 \cdot 10^6$ ,  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>

Дрожжи расы RH показали хорошее оседание, внешний вид молодого пива пенящаяся жидкость с легким опалом, без посторонних включений.

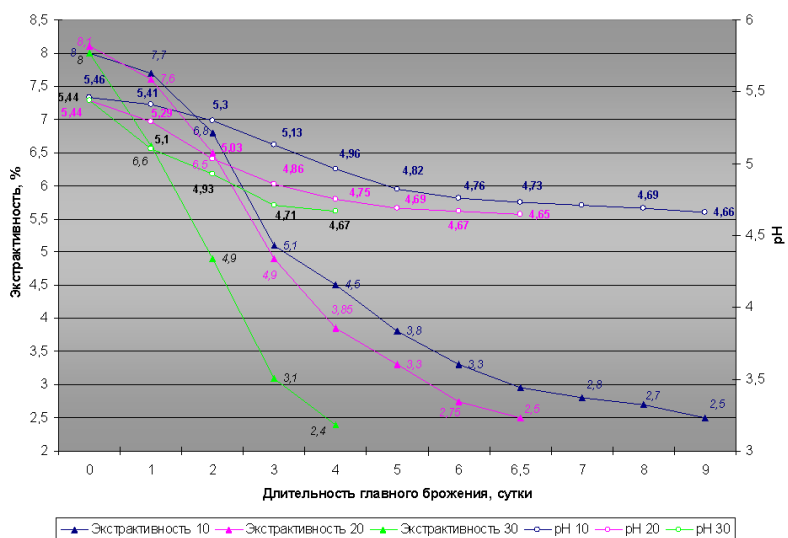


Рисунок 2 – График главного брожения расы дрожжей 34/70, при дозе внесения  $10 \cdot 10^6$ ,  $20 \cdot 10^6$ ,  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>

Флокуляционная способность дрожжей расы 34/70 хорошая, к концу главного брожения наблюдается большой слой осажденной дрожжевой бакмассы.

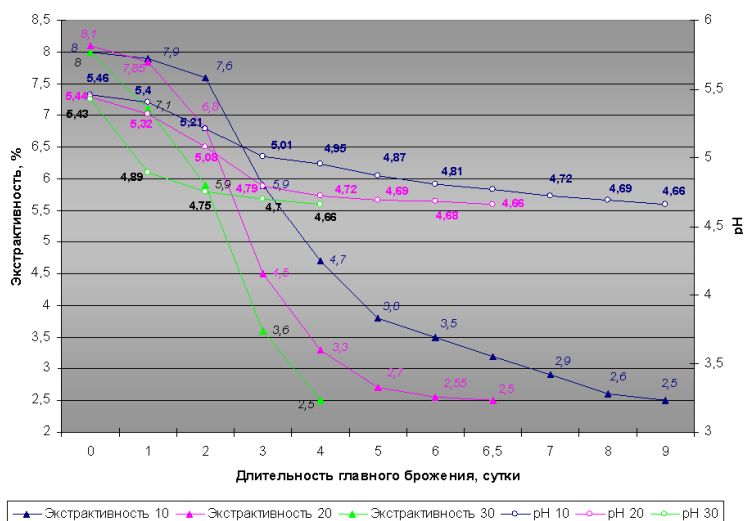


Рисунок 3 – График главного брожения расы дрожжей 34, при дозе внесения  $10 \cdot 10^6$ ,  $20 \cdot 10^6$ ,  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>

Дрожи расы 34 быстро разбрадировались, при их использовании наблюдается хорошее осветление молодого пива к концу брожения.

Влияние дозы внесения дрожжей на скорость протекания процесса главного брожения представлено в таблице 1, рисунок 4.

Таблица 1 – Длительность главного брожения в зависимости от дозы внесения дрожжей, суток

Раса дрожжей	Доза внесения дрожжей, КОЕ/см <sup>3</sup>		
	$10 \cdot 10^6$	$20 \cdot 10^6$	$30 \cdot 10^6$
RH	8 суток	6 суток	4 суток
34/70	9 суток	6,5 суток	4 суток
34	9 суток	6,5 суток	5 суток

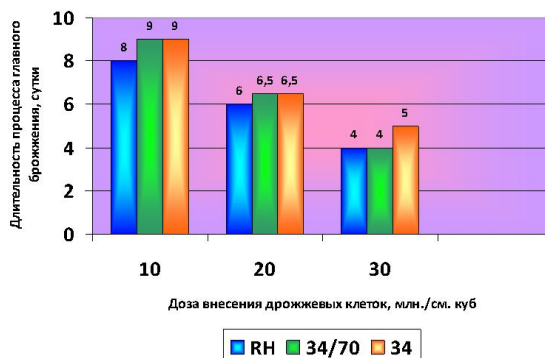


Рисунок 4 – Влияние дозы внесения дрожжей на скорость протекания процесса главного брожения

В первые сутки брожения на поверхности сусла появляется белая пена, заметно выделение углекислоты. Постепенно вся поверхность сусла затягивается равномерным слоем белой пены. Экстрактивность начального сусла снижается в среднем на 0,2-0,5 % за сутки, рН снижается.

Внешних изменений сусла с концентрацией дрожжей  $10 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> нет, изменения экстрактивности начального сусла и рН незначительны, происходит главным образом размножение дрожжей. Через 1-1,5 суток концентрация дрожжевых клеток при таком ведении главного брожения достигает количества  $20 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> и только тогда появились признаки главного брожения. Таким образом доза внесения дрожжей  $10 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> независимо от расы дрожжей не обеспечивает быстрого разбраживания сусла. Длительность главного брожения увеличивается, что негативно сказывается в первую очередь на вкус пива, а также может вызвать обсеменение пива посторонней микрофлорой.

При концентрации дрожжей  $20 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> через сутки после забраживания процессы характеризуются образованием густой, белой, компактной, поднимающейся пены. Завитки окрашиваются в желто-коричневый цвет. За ближайшие 2-3 суток экстрактивность понижается на 0,5-1 % в сутки, рН снижается до значений 4,75-4,85. Далее пена становится рыхлой, завитки достигают наибольшей величины. Поверхность пены приобретает характерный коричневый цвет. Убыль экстракта в сутки достигает 1-1,5 %, значение рН снижается до 4,65-4,7.

На 5 сутки от начала брожения пена постепенно оседает, исчезают завитки, поверхность сусла покрывается тонким слоем коричневой пены. Экстрактивность сбраживаемого сусла понижается на 0,2-0,5 % в сутки. Дрожжи оседают, пиво осветляется. Таким образом процесс главного брожения через 6 суток окончен.

При дозе внесения дрожжевых клеток  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> стадия главного брожения продолжается 4-5 суток, однако брожение происходит более интенсивно. Увеличение количества вносимой дозы ускоряет процесс, но придает пиву дрожжевой привкус (другие сопутствующие побочные процессы образование альдегидов, диацетила, понижение образования высших спиртов) [3, 6, 7, 8, 9, 10]. Экстрактивность уменьшается наиболее резко, повышается температура сбраживаемой среды. Завитки быстро опадают, сразу же окрашиваются в коричневый цвет. Дека рваная. Оседание дрожжей плохое, осветление пива незначительное.

### **Определение оптимальной расы дрожжей по характеру роста клеток**

Между расами дрожжей, применяемых в пивоварении, существуют морфологические, физиологические и технологические различия. Выбор расы, которые применяются для введения в сусло, определяется на основе критериев, к которым относится в основном: интенсивность брожения (скорость брожения и степень сбраживания); интенсивность размножения; скорость осветления молодого пива.

Для определения наиболее оптимальной расы дрожжей готовили пивное сусло (8% лабораторное сусло, сваренное с заменой 10% солода овсом и применением ферментного препарата Аттенузим Flex). Предварительное насыщение сусло кислородом воздуха (аэрирование) осуществляли на экспериментальной установке [11].

Задачу дрожжей проводили при начальной температуре сусла 11°C. На основании предыдущих исследований количество дрожжей выбрано  $(20 \pm 2) \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>.

В ходе главного брожения определяли экстрактивность сусла, количество клеток, их физиологическое состояние. Результаты оформлены в таблице 2. Значения видимой степени сбраживания определяли расчетным путем.

Таблица 2 – Исследование хода главного брожения (дрожжи рас Rh, 34/70, 34)

Контролируемые показатели	Дни брожения																				
	до брожения			1			2			3			4			5			6		
Расы	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34	Rh	34/70	34
Видимый экстракт по сахариметру, %	8,1	8,1	8,1	7,5	7,6	7,85	5,9	4,9	6,8	4,8	4,9	4,5	3,5	3,85	3,3	3,05	3,3	2,7	2,5	2,75	2,55
Общее количество дрожжевых клеток, КОЕ·10 <sup>6</sup> /см <sup>3</sup>	21,2	20,2	20,7	42,8	42,8	44,3	62,0	92,3	65,2	92,0	92,3	93,8	33,8	28,2	60	23,6	12,4	38,2	6,2	7,5	14,7
Количество мертвых дрожжевых клеток, %	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,4	3,4	5,1	3,4	3,5	5,1	3,4	3,6	5,5	3,6	3,7	6,9	3,6	4,0	4,8	3,9
Количество почкующихся дрожжевых клеток, %	5,5	5,5	5,5	90,6	91,3	88,5	65,3	28,4	68,5	40,8	28,4	51,1	30,6	14,8	33,2	15,1	10,2	26,7	10,0	3,2	16,6
Содержание действительного экстракта, %	-	-	-	7,62	7,69	7,89	6,33	5,52	7,05	5,44	5,52	5,2	4,38	4,67	4,22	4,01	4,22	3,73	3,56	3,77	3,60
Содержание алкоголя, % об.	-	-	-	0,33	0,25	0,15	1,21	1,65	0,88	1,70	1,65	1,87	2,39	2,19	2,49	2,62	2,49	2,81	2,91	2,78	2,88
Видимая степень сбраживания, %	-	-	-	7,4	6,2	3,1	27,2	39,5	16,0	40,7	39,5	44,4	56,8	52,5	59,3	62,3	59,3	66,7	69,1	66,0	68,5
Действительная степень сбраживания, %	-	-	-	5,9	4,94	2,59	21,9	31,8	13,0	32,8	31,8	35,9	45,9	42,4	47,9	50,5	47,9	54,0	56,0	53,5	55,5



Из представленной таблицы видно, что при сбраживании суслы с начальной экстрактивностью 8% разными расами дрожжей теплого брожения наиболее эффективно снижение экстракта имеет место в первую очередь в случае расы Rh, а затем расы 34 и 34/70. Скорость сбраживания расой Rh выше, чем дрожжами расами 34 и 34/70. Наименее устойчива к отрицательному воздействию высоких концентраций спирта раса 34/70. Дрожжи расы 34 плохо осаждаются в конце брожения.

Дрожжи расы Rh росли лучше остальных, у них интенсивнее проходило почкование клеток, а следовательно, и само брожение; доля мертвых клеток по отношению к живым меньше, оседание у них лучше. На рисунках 5, 6 изменение спирта, действительного экстракта и степени сбраживания.

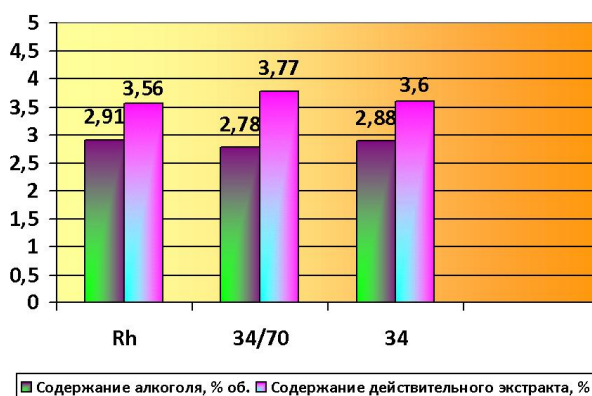


Рисунок 5 – Содержание алкоголя, действительного экстракта в молодом пиве с различными расами дрожжей

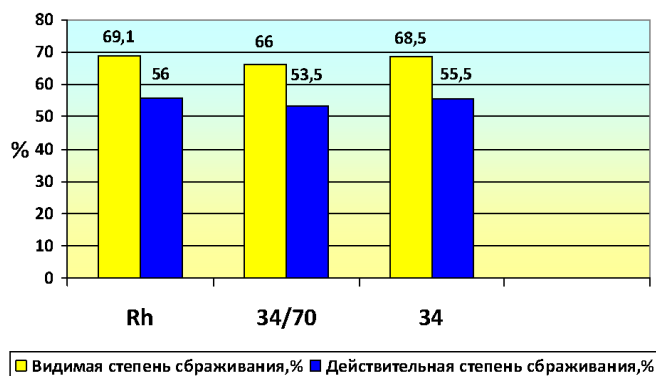


Рисунок 6 – Степень сбраживания молодого пива

### **Выводы**

Наиболее оптимальная концентрация внесения дрожжей в сусло  $20 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup>, вкус пива при такой дозе внесения чистый, скорость протекания процесса оптимальна. При внесении  $10 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> главное брожение замедляется, что может отрицательно повлиять на производительность предприятия. При внесении  $30 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> процесс ускоряется, но у пива появляется дрожжевой привкус.

Анализ процесса главного брожения сусла с экстрактивностью начального сусла 8% показал, что наиболее оптимальной по характеру роста культуры дрожжей является раса Rh. Использование данной расы уменьшает риск образования побочных продуктов брожения, которые влияют на вкус и аромат готового продукта. Дрожжи показали быстрое, активное брожение, наиболее глубокое сбраживание экстракта. Прирост дрожжей и скорость их оседания наилучшие из опробованных также у расы Rh. Вкус полученного пива чистый, мягкий, аромат приятный, хорошо выраженный.

### **Список литературы**

1. Главачек Ф., Лхотский А. Пивоварение. — М.: Пищевая промышленность, 1977.2
2. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. – М.: «Академия», 2000 – 416с.
3. Жвирблянская, А.Ю. Дрожжи в пивоварении. [Текст]/ Жвирблянская, А.Ю., Исаева, В.С. - М.: Пищевая промышленность, 1979. – 246 с
4. Калупянц, К.А. Химия солода и пива. – М: Агропромиздат, 1990. – 254 с.
5. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств: учебное пособие. - Киев: Фирма «ИНКОС», 2004. - 340 с.
6. Кунце В. Технология солода и пива /Пер с нем. Г.Даркова, А.Куреленкова. - СПб.: Профессия, 2009. - 1064 с., ил.
7. Спиртные напитки: особенности брожения и производства /Под ред. Э.Ли, Дж.Пигготта; пер с англ. А.Л.Панасюка. - СПб.: Профессия, 2006. - 552 с.
8. Фараджева, Е.Д. Общая технология бродильных производств. [Текст]/ Е.Д. Фараджева, В.А. Федоров. – М.: Колос, 2002. – 408 с.
9. Микробиология пива /Под ред. Фергюса Дж. Приста, Й.Кэмпбелла; пер. с англ. под общ. ред. Т.В.Мелединой и Тыну Сойдла - СПб.: Профессия, 2005. - 368 с., ил.
10. Buckee G.K., Munday A.P. Determination of vicinal diketones in beer by gaschromatography collaborative trial. - J. Inst. Brew. - 1994. - 100, № 4. -Pp. 247-253.].

11. Косминский Г.И., Моргунова Е.М., Назарова Ю.С., Бронз А.П. Влияние режимов затирания на состав и качественные показатели сусла/ Пиво и напитки №3-2008г.

### References

1. Glavachek F., Lhotskij A. Pivovarenie. — М.: Pishhevaja promyshlennost', 1977.2
2. Ermolaeva G.A., Kolcheva R.A. Tehnologija i oborudovanie proizvodstva piva i bezalkogol'nyh napitkov. – М.: «Akademija», 2000 – 416s.
3. Zhvirbljanskaja, A.Ju. Drozhzhi v pivovarenii. [Tekst]/ Zhvirbljanskaja, A.Ju., Isaeva, V.S. - М.: Pishhevaja promyshlennost', 1979. – 246 s
4. Kalupjanc, K.A. Himija soloda i piva. – М: Agropromizdat, 1990. – 254 s.
5. Kovalevskij K.A. Tehnologija brodil'nyh proizvodstv: uchebnoe posobie. - Kiev: Firma «INKOS», 2004. - 340 s.
6. Kunce V. Tehnologija soloda i piva /Per s nem. G.Darkova, A.Kurelenkova. - SPb.: Professija, 2009. - 1064 s., il.
7. Spirtnye napitki: osobennosti brozhenija i proizvodstva /Pod red. Je.Li, Dzh.Piggotta; per s angl. A.L.Panasjuka. - SPb.: Professija, 2006. - 552 s.
8. Faradzheva, E.D. Obshhaja tehnologija brodil'nyh proizvodstv. [Tekst]/ E.D. Faradzheva, V.A. Fedorov. – М.: Kolos, 2002. – 408 s.
9. Mikrobiologija piva /Pod red. Fergjusa Dzh. Prista, J.Kjempbella; per. s angl. pod obshh. red. T.V.Meledinoj i Tynu Sojdla - SPb.: Professija, 2005. - 368 s., il.
10. Buckee G.K., Munday A.P. Determination of vicinal diketones in beer by gaschromatography collaborative trial. - J. Inst. Brew. - 1994. - 100, № 4. -Pp. 247-253.].
11. Kosminskij G.I., Morgunova E.M., Nazarova Ju.S., Bronz A.P. Vlijanie rezhimov zatiranija na sostav i kachestvennye pokazateli susla/ Pivo i napitki №3-2008g.