

**ПИВОВАРЕНИЕ**

**ТОМ 1**

# **ТЕХНОЛОГИЯ СОЛОДORAЩЕНИЯ**

**ЛЮДВИГ НАРЦИСС**

перевод с немецкого яз. 7-го переработанного издания  
А. С. Яблоковой

Санкт-Петербург

издательство  
**ПРОФЕССИЯ**

2007

**УДК 663.41 (031)**  
**ББК 36.87Нем.**  
**H28**

**Нарцисс Л.**

**H28 Пивоварение [Текст]. Т. 1. Технология солодоращения / Л. Нарцисс; перевод с нем. под общ. ред. Г.А.Ермолаевой и Е.Ф. Шаненко. — СПб.: Профессия, 2007. — 584 с., ил., табл. — (Серия: Научные основы и технологии).**

ISBN 5-93913-118-2

ISBN 3-432-84997-4 (нем.)

Новое издание известного труда Л. Нарцисса отражает инновации в технологии солодоращения с момента выхода последнего издания книги в 1980 г. Более углубленно рассмотрены такие темы, как выращивание ячменя и биотехнологические основы производства солода, особенности работы оборудования, подработка ячменя, способы замачивания проращивания и сушки.

Книга призвана дать представление специалистам солодовенных производств о современном уровне исследований и технологий в области солодоращения. Кроме того, книга стимулирует пивоваров к совершенствованию своих знаний об основном сырье и способствует пониманию ими проблематики солодовенного производства.

Для инженерно-технических работников солодовенных и пивоваренных предприятий, студентов, аспирантов.

**УДК 663.41 (031)**  
**ББК 36.87Нем.**

Под общей научной редакцией  
д-ра техн. наук, проф. Г. А. Ермолаевой и канд. биол. наук, доц. Е. Ф. Шаненко

All right reserved. Издано на немецком яз. издательством  
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstrasse 12, D-69469 Weinheim  
Federal Republic of Germany.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть  
воспроизведена в какой бы то ни было форме  
без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 5-93913-118-2  
ISBN 3-432-84997-4 (нем.)

© 1999 by WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.  
© 2007, А. С. Яблокова, перевод  
© 2007, изд-во «Профессия»

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому изданию .....	16
Предисловие к 7-му немецкому изданию .....	17
Введение .....	19
<b>1. Пивоваренный ячмень .....</b>	<b>21</b>
1.1. Общие вопросы .....	21
1.2. Возделывание ячменя .....	24
1.2.1. Развитие ячменя .....	24
1.2.2. Требования к климату и почвам .....	25
1.2.3. Севооборот .....	26
1.2.4. Удобрения .....	26
1.2.5. Уход за посадками во время роста ячменя .....	27
1.2.5.1. Болезни и вредители .....	27
1.2.5.2. Полегание ячменя .....	28
1.2.6. Комплексные и экологичные методы возделывания .....	28
1.2.7. Уборка ячменя .....	28
1.2.8. Селекция ячменя .....	29
1.2.8.1. Яровой ячмень .....	32
1.2.8.2. Озимый ячмень .....	33
1.2.8.3. Голозерный ячмень .....	33
1.2.9. Влияние года урожая на показатели качества солода из ярового ячменя .....	34
1.2.10. Происхождение и сорта ячменя .....	35
1.3. Строение зерна ячменя .....	35
1.3.1. Зародыш .....	35
1.3.2. Эндосперм .....	41
1.3.3. Оболочка .....	46
1.4. Химический состав зерна ячменя .....	46
1.4.1. Вода .....	47
1.4.2. Углеводы .....	47
1.4.2.1. Крахмал .....	47
1.4.2.2. Целлюлоза .....	52
1.4.2.3. Гемиллюлоза и гумми-вещества .....	53
1.4.2.4. Низкомолекулярные углеводы .....	56
1.4.3. Белки и их строение .....	57
1.4.3.1. Аминокислоты .....	57
1.4.3.2. Пептиды и белки .....	61
1.4.3.3. Свойства белков .....	65
1.4.3.4. Белковые вещества ячменя .....	65
1.4.3.5. Протеиды ячменя .....	67
1.4.3.6. Содержание белка в ячмене и его значение .....	69
1.4.3.7. Определение отдельных видов белков и их производных .....	71
1.4.4. Жиры .....	71
1.4.5. Фосфаты .....	72
1.4.6. Минеральные вещества .....	73
1.4.7. Витамины .....	74
1.4.8. Фенольные соединения .....	74
1.5. Ферменты ячменя и солода .....	78
1.5.1. Общие положения .....	78
1.5.2. Классификация ферментов .....	78
1.5.3. Структура ферментов .....	79
1.5.4. Механизм действия ферментов .....	79
1.5.5. Условия действия ферментов .....	80
1.5.6. Оценка и значение активности ферментов .....	84

1.5.7. Образование ферментов .....	84
1.5.8. Ферменты в технологии солодоращения и пивоварения .....	88
1.5.8.1. Эстеразы .....	89
1.5.8.2. Карбогидразы .....	90
1.5.8.3. Пептидазы .....	94
1.5.8.4. Прочие ферменты .....	95
1.6. Свойства пивоваренного ячменя и его оценка .....	97
1.6.1. Внешние признаки ячменя .....	98
1.6.1.1. Внешний вид и цвет .....	98
1.6.1.2. Запах .....	98
1.6.1.3. Примеси ячменя .....	98
1.6.1.4. Форма зерна .....	100
1.6.1.5. Свойства цветочной оболочки .....	100
1.6.1.6. Однородность .....	100
1.6.2. Механические исследования .....	101
1.6.2.1. Насыпная масса .....	101
1.6.2.2. Масса тысячи зерен .....	101
1.6.2.3. Однородность .....	102
1.6.2.4. Качество эндосперма .....	102
1.6.2.5. Прорастаемость .....	102
1.6.2.6. Энергия прорастания .....	103
1.6.2.7. Водочувствительность .....	103
1.6.2.8. Способность к набуханию .....	104
1.6.3. Технохимические исследования .....	104
1.6.3.1. Содержание воды .....	104
1.6.3.2. Содержание белка .....	104
1.6.3.3. Содержание экстракта .....	105
1.6.4. Систематическая оценка ячменя .....	105
<b>2. Вода</b> .....	106
2.1. Состав воды .....	106
2.2. Жесткость воды .....	107
2.3. Потребность солодовенного производства в воде .....	108
<b>3. Подготовка ячменя к солодоращению</b> .....	110
3.1. Приемка ячменя .....	110
3.2. Транспортирование ячменя .....	111
3.2.1. Механические транспортные средства (непрерывно действующие транспортеры) .....	111
3.2.1.1. Шнеки .....	112
3.2.1.2. Круговые шнеки .....	112
3.2.1.3. Лотково-ленточный транспортер (редлер) .....	113
3.2.1.4. Вибро- и лотковый транспортеры .....	114
3.2.1.5. Ленточный транспортер .....	115
3.2.1.6. Ковшовые элеваторы .....	115
3.2.2. Пневматические транспортные устройства .....	118
3.2.2.1. Всасывающие пневмотранспортные установки .....	118
3.2.2.2. Напорные пневмотранспортные установки .....	118
3.2.2.3. Пневмотранспорт с пробкообразованием .....	119
3.2.2.4. Возможности комбинирования установок .....	
3.2.3. Вертикальные трубы и переключающие устройства. Обеспыливание .....	123
3.3. Очистка и сортирование ячменя .....	123
3.3.1. Очистка ячменя .....	124
3.3.1.1. Оборудование для первичной очистки .....	124
3.3.1.2. Устройство для удаления ости .....	129
3.3.1.3. Магнитный сепаратор .....	130
3.3.1.4. Камнеотборник .....	130
3.3.1.5. Триеры .....	131
3.3.2. Удаление пыли .....	134

3.3.2.1.	Пылевые камеры .....	134
3.3.2.2.	Циклоны .....	134
3.3.2.3.	Пылесборники с фильтром .....	135
3.3.3.	Сортирование ячменя .....	139
3.3.3.1.	Барабанные сита .....	139
3.3.3.2.	Плоский сепаратор (планзихтер) .....	142
3.3.3.3.	Планзихтер с круглыми или восьмиугольными ситовыми дисками .....	144
3.3.3.4.	Контроль сортирования .....	145
3.3.3.5.	Изменение ячменя при очистке и сортировании .....	146
3.3.4.	Автоматические весы .....	146
3.3.5.	Уход за оборудованием .....	147
3.4.	Хранение ячменя .....	147
3.4.1.	Период послеуборочного дозревания ячменя .....	147
3.4.1.1.	Основной период покоя при послеуборочном дозревании .....	148
3.4.1.2.	Водочувствительность .....	149
3.4.1.3.	Способность к набуханию .....	150
3.4.1.4.	Изменение жизнеспособности и водочувствительности .....	150
3.4.2.	Условия хранения ячменя .....	151
3.4.2.1.	Влажность .....	151
3.4.2.2.	Температура .....	151
3.4.3.	Технология хранения ячменя .....	153
3.4.4.	Сушка ячменя .....	157
3.4.4.1.	Сушка ячменя воздухом .....	157
3.4.4.2.	Шахтная сушилка .....	165
3.4.4.3.	Вакуумная сушилка .....	167
3.4.4.4.	Сушилка солода .....	168
3.4.4.5.	Сушка в силосе .....	170
3.4.4.6.	Сушка в ящичных прицепах .....	170
3.4.4.7.	Сушка ячменя холодным воздухом .....	170
3.4.5.	Хранение ячменя .....	170
3.4.5.1.	Напольное хранение .....	170
3.4.5.2.	Напольное хранение со струйными питателями .....	171
3.4.5.3.	Вентиляция при напольном хранении .....	171
3.4.5.4.	Хранение в силосах. Общие положения .....	172
3.4.5.5.	Деревянные силосы .....	173
3.4.5.6.	Железобетонные силосы .....	173
3.4.5.7.	Силосы из стальных листов .....	175
3.4.5.8.	Вентиляция ячменя в силосе .....	175
3.4.5.9.	Условия хранения в силосах .....	177
3.4.5.10.	Производительность силосного корпуса .....	178
3.4.6.	Изменение ячменя в процессе хранения .....	179
3.4.7.	Вредители ячменя .....	179
3.4.7.1.	Развитие амбарного долгоносика .....	180
3.4.7.2.	Обнаружение амбарного долгоносика .....	181
3.4.7.3.	Общие меры борьбы с вредителями .....	181
3.4.7.4.	Борьба с помощью химических средств .....	182
3.4.7.5.	Прочие вредители .....	182
4.	<b>Проращивание</b> .....	183
4.1.	Теория проращивания .....	184
4.1.1.	Общие понятия .....	184
4.1.2.	Изменения в зародыше .....	184
4.1.3.	Изменение эндосперма .....	184
4.1.4.	Расщепление крахмала .....	195
4.1.4.1.	Общие положения .....	195
4.1.4.2.	$\beta$ -Амилаза .....	196
4.1.4.3.	$\alpha$ -Амилаза .....	201

4.1.4.4.	Сахараза .....	203
4.1.4.5.	Мальтаза .....	204
4.1.4.6.	Предельная декстриназа .....	204
4.1.4.7.	Мальтотриаза .....	206
4.1.4.8.	Контроль расщепления крахмала аналитическими методами .....	206
4.1.5.	Расщепление гемицеллюлоз и гумми-веществ .....	207
4.1.5.1.	Общие положения о расщеплении клеточных стенок .....	207
4.1.5.2.	Ферменты, расщепляющие β-глюканы .....	207
4.1.5.3.	Ферменты, гидролизующие пентозаны .....	211
4.1.5.4.	Расщепление гемицеллюлоз и гумми-веществ .....	211
4.1.5.5.	Цитолиз .....	216
4.1.6.	Расщепление белков .....	218
4.1.6.1.	Общие положения .....	218
4.1.6.2.	Эндопептидазы .....	219
4.1.6.3.	Экзопептидазы .....	222
4.1.6.4.	Количественная оценка степени растворения белков .....	226
4.1.6.5.	S-Метилметионин, пролин, амин .....	232
4.1.7.	Расщепление фосфатов .....	235
4.1.7.1.	Общие положения .....	235
4.1.7.2.	Фосфатазы .....	235
4.1.7.3.	Расщепление фосфатов при проращивании .....	236
4.1.7.4.	Определение степени расщепления фосфатов .....	237
4.1.8.	Липидный обмен веществ при проращивании .....	238
4.1.8.1.	Общие положения .....	238
4.1.8.2.	Липазы .....	238
4.1.8.3.	Процессы расщепления липидов .....	241
4.1.9.	Ферменты окислительно-восстановительного комплекса .....	242
4.1.9.1.	Общие положения .....	242
4.1.9.2.	Каталаза .....	242
4.1.9.3.	Пероксидаза .....	244
4.1.9.4.	Полифенолоксидазы .....	246
4.1.10.	Полифенолы .....	247
4.1.11.	Прочие группы веществ .....	249
4.2.	Практические аспекты проращивания .....	252
4.2.1.	Явления, происходящие в отдельном ячменном зерне .....	253
4.2.1.1.	Рост корешка .....	253
4.2.1.2.	Рост листа .....	254
4.2.1.3.	Растворение зерна .....	254
4.2.1.4.	Степень растворения .....	256
4.2.2.	Явления, происходящие в грядке .....	256
4.2.3.	Условия проращивания .....	258
4.2.3.1.	Температура проращивания .....	258
4.2.3.2.	Влажность проращиваемого материала .....	259
4.2.3.3.	Соотношение кислород-диоксид углерода .....	260
4.2.3.4.	Продолжительность проращивания .....	260
4.2.3.5.	Прочие мероприятия .....	261
5.	<b>Замачивание ячменя</b> .....	262
5.1.	Теория замачивания .....	262
5.1.1.	Общие положения .....	262
5.1.2.	Водопоглощение зерна .....	262
5.1.3.	Снабжение зерна кислородом .....	266
5.1.4.	Очистка ячменя .....	269
5.2.	Практика замачивания .....	271
5.2.1.	Устройства для замачивания .....	271
5.2.1.1.	Аппараты для замачивания обычной конструкции .....	271
5.2.1.2.	Вместимость аппаратов для замачивания .....	272

5.2.1.3.	Аппараты для замачивания с плоским днищем .....	273
5.2.1.4.	Размещение замочных аппаратов .....	276
5.2.1.5.	Замочное отделение .....	276
5.2.1.6.	Впуск и выпуск воды .....	277
5.2.1.7.	Насосы .....	277
5.2.1.8.	Подача сжатого воздуха .....	278
5.2.1.9.	Удаление диоксида углерода .....	279
5.2.1.10.	Распылительные устройства .....	282
5.2.2.	Способы замачивания .....	282
5.2.2.1.	Традиционная технология замачивания .....	282
5.2.2.2.	Современные способы замачивания .....	283
5.2.2.3.	Эффективность пневматического и обычных способов замачивания .....	286
5.2.2.4.	Другие современные способы замачивания .....	288
5.2.2.5.	Замачивание с орошением .....	288
5.2.2.6.	Сравнение способов пневматического замачивания и замачивания зерна погружением .....	289
5.2.2.7.	Возможности пневматического замачивания и его влияние на качество солода .....	290
5.2.3.	Оценка результатов замачивания .....	292
5.2.3.1.	Степень замачивания .....	292
5.2.3.2.	Вид и запах замоченного зерна .....	292
5.2.4.	Водопотребление при замачивании .....	293
5.2.4.1.	Водопотребление при различных способах замачивания .....	293
5.2.4.2.	Повторное использование замочной воды .....	295
5.2.5.	Потери при замачивании .....	298
5.2.6.	Содержание аппаратов для замачивания и уход за ними .....	298
<b>6.</b>	<b>Различные системы солодоращения .....</b>	<b>299</b>
6.1.	Токовая солодовня .....	299
6.1.1.	Помещение для солодоращения (ток) .....	299
6.1.2.	Обработка ячменя в токовой солодовне .....	299
6.1.3.	Условия проращивания в токовой солодовне .....	302
6.1.4.	Производительность и рентабельность токовой солодовни .....	303
6.2.	Пневматическая солодовня .....	303
6.2.1.	Общие положения .....	303
6.2.2.	Устройства для аэрации .....	303
6.2.2.1.	Устройства для очистки воздуха .....	304
6.2.2.2.	Устройства для поддержания температуры .....	304
6.2.2.3.	Искусственное увлажнение воздуха .....	308
6.2.2.4.	Водопотребление .....	311
6.2.3.	Система воздухопроводов .....	312
6.2.3.1.	Канал для свежего воздуха .....	312
6.2.3.2.	Канал для рециркуляционного воздуха .....	312
6.2.3.3.	Канал для отвода воздуха .....	312
6.2.4.	Вентиляторы .....	313
6.2.4.1.	Центробежные вентиляторы .....	313
6.2.4.2.	Осевые вентиляторы .....	313
6.2.4.3.	Вытяжная вентиляция .....	313
6.2.4.4.	Нагнетательная вентиляция .....	314
6.2.4.5.	Измерение давления .....	314
6.2.4.6.	Расход воздуха .....	314
6.2.5.	Автоматическое регулирование температуры .....	315
6.2.6.	Потребность пневматических установок в электроэнергии .....	316
6.2.6.1.	Потребность в энергии для вентиляции солодорастильных аппаратов ящичного типа .....	316
6.2.6.2.	Потребность в электроэнергии для холодильной установки .....	316

6.3.	Оборудование для проращивания в пневматических солодовнях .....	316
6.3.1.	Солодовня барабанного типа .....	317
6.3.1.1.	Барабан системы Galland .....	317
6.3.1.2.	Устройство для аэрации .....	318
6.3.1.3.	Технология солодоращения в барабане системы Galland .....	319
6.3.1.4.	Условия проращивания в барабане .....	319
6.3.2.	Солодорастильный барабан с плоским днищем .....	321
6.3.2.1.	Конструкция барабана .....	321
6.3.2.2.	Устройства для вентиляции .....	321
6.3.2.3.	Ведение солодоращения и условия проращивания .....	321
6.3.3.	Ящичная солодовня .....	322
6.3.3.1.	Требования к помещениям солодорастильного отделения .....	323
6.3.3.2.	Солодорастильный аппарат ящичного типа .....	323
6.3.3.3.	Устройства для вентиляции солодорастильного аппарата ящичного типа .....	326
6.3.3.4.	Ведение солодоращения с использованием нагнетательной вентиляции .....	332
6.3.3.5.	Солодоращение при убывающих температурах .....	335
6.3.3.6.	Особенности солодоращения в солодорастильных аппаратах ящичного типа .....	337
6.3.3.7.	Условия проращивания в солодорастильных аппаратах ящичного типа .....	342
6.3.3.8.	Выгрузка свежепросоженного солода .....	344
6.3.4.	Солодовня с солодорастильными аппаратами типа передвижная грядка .....	347
6.3.4.1.	Солодорастильные аппараты типа передвижная грядка .....	347
6.3.4.2.	Вентиляционные устройства .....	352
6.3.4.3.	Ведение солодоращения в солодовне с солодорастильными аппаратами типа передвижная грядка .....	352
6.3.5.	Установка с солодорастильными аппаратами типа «перегружаемый ящик» Lausmann .....	353
6.3.5.1.	Аппараты для проращивания .....	353
6.3.5.2.	Вентиляционные устройства .....	355
6.3.5.3.	Ведение солодоращения .....	356
6.3.6.	Солодорастильные аппараты круглого сечения .....	356
6.3.6.1.	Конструкция .....	356
6.3.6.2.	Ситовая поверхность .....	358
6.3.6.3.	Шнековый ворошитель .....	358
6.3.6.4.	Устройство загрузки и выгрузки .....	358
6.3.6.5.	Габариты .....	359
6.3.6.6.	Устройства для вентиляции .....	359
6.3.6.7.	Ведение технологического процесса .....	359
6.3.6.8.	Отдельные солодорастильные аппараты круглого сечения .....	359
6.3.6.9.	Уход за солодорастильными аппаратами, их мойка и очистка .....	360
6.3.7.	Специальные системы солодоращения .....	361
6.3.8.	Солодорастильно-сушильные аппараты ящичного типа .....	361
6.3.8.1.	Прямоугольные солодорастильно-сушильные аппараты ящичного типа .....	361
6.3.8.2.	Прямоугольные аппараты ящичного типа для замачивания, проращивания и сушки .....	363
6.3.8.3.	Солодовня башенного типа .....	364
6.3.8.4.	Унифицированная солодовня .....	364
6.3.8.5.	Резюме .....	365
6.3.9.	Непрерывные системы солодоращения .....	367
6.3.9.1.	Система Domalt .....	367
6.3.9.2.	Кольцевая солодовня непрерывного действия .....	367



6.4. Специальные способы проращивания .....	368
6.4.1. Способ, основанный на применении углекислотной паузы .....	369
6.4.1.1. Насыщение CO <sub>2</sub> .....	370
6.4.1.2. Проведение углекислотной паузы по способу Кропфа .....	370
6.4.2. Способ повторного замачивания .....	371
6.4.3. Прочие физические способы влияния на процесс проращивания .....	372
6.4.4. Применение гибберелловой кислоты и иных активаторов .....	372
6.4.4.1. Использование гибберелловой кислоты для ускорения превращений при солодоращении .....	373
6.4.4.2. Добавление гибберелловой кислоты в теплую замочную воду или в ходе повторного замачивания .....	375
6.4.4.3. Переработка ячменя с удаленной цветочной оболочкой .....	375
6.4.4.4. Переработка обрушенного ячменя .....	376
6.4.4.5. Раздавливание замачиваемого ячменя с низким содержанием влаги .....	378
6.4.4.6. Прочие ростовые вещества .....	379
6.4.5. Добавление стартовых культур .....	379
6.4.6. Добавление ферментов (целлюлазы, β-глюканазы) при солодоращении .....	380
6.4.7. Вещества-ингибиторы роста .....	382
6.4.7.1. Бромат калия .....	382
6.4.7.2. Замачивание в аммиачном растворе .....	383
6.4.7.3. Применение кислот .....	384
6.4.7.4. Абсцизовая кислота .....	384
6.4.7.5. Прочие добавки .....	384
6.4.8. Некоторые выводы .....	385
6.5. Свежепроросший солод .....	385
<b>7. Сушка свежепроросшего солода .....</b>	<b>387</b>
7.1. Общие положения .....	387
7.2. Теория сушки .....	387
7.2.1. Физические изменения .....	387
7.2.1.1. Обезвоживание свежепроросшего солода .....	387
7.2.1.2. Изменение объема .....	388
7.2.1.3. Масса свежепроросшего солода .....	388
7.2.1.4. Окраска свежепроросшего солода .....	388
7.2.2. Химические изменения .....	388
7.2.2.1. Фаза роста .....	389
7.2.2.2. Ферментативная фаза .....	389
7.2.2.3. Химическая фаза .....	390
7.2.3. Влияние сушки на активность ферментов .....	390
7.2.3.1. Амилолитические ферменты .....	390
7.2.3.2. Пептидазы .....	393
7.2.3.3. Гемиллюлазы .....	397
7.2.3.4. Липаза .....	400
7.2.3.5. Фосфатаза .....	400
7.2.3.6. Ферменты оксидоредуктазного комплекса .....	402
7.2.3.7. Различия между светлым и темным солодом .....	404
7.2.4. Изменения основных соединений .....	405
7.2.4.1. Углеводы .....	405
7.2.4.2. Азотсодержащие соединения .....	408
7.2.4.3. Изменение содержания липидов .....	413
7.2.4.4. Органические кислоты, оксалаты и фосфаты .....	413
7.2.4.5. Образование ароматизирующих веществ .....	414
7.2.4.6. Свойства ароматических соединений и их роль при подсушивании и сушке .....	418
7.2.4.7. Изменение содержания органических серосодержащих соединений при сушке .....	427

7.2.4.8.	Содержание полифенолов .....	431
7.2.4.9.	Прочие изменения при сушке .....	432
7.3.	Практика сушки .....	436
7.3.1.	Общие положения .....	436
7.3.2.	Классификация сушилок .....	437
7.3.3.	Высокопроизводительные одноярусные сушилки .....	437
7.3.3.1.	Сушильная решетка .....	437
7.3.3.2.	Вентиляционные установки .....	438
7.3.3.3.	Отопительные устройства .....	441
7.3.3.4.	Производительность одноярусной сушилки .....	445
7.3.4.	Солодорастильно-сушильные	
	ящики — стационарные (статические) солодовни .....	445
7.3.4.1.	Прямоугольный солодорастильно-сушильный ящик .....	445
7.3.4.2.	Прямоугольный замочно-растильно-сушильный ящик (аппарат статической солодовни) .....	446
7.3.4.3.	Солодовня башенного типа .....	446
7.3.4.4.	Сравнение солодорастильно-сушильных ящиков .....	446
7.3.5.	Горизонтальная одноярусная сушилка круглого сечения высокой производительности .....	447
7.3.6.	Спаренные горизонтальные одноярусные сушилки высокой производительности .....	447
7.3.7.	Двухъярусные сушилки высокой производительности .....	448
7.3.7.1.	Двухъярусная сушилка с решетками, расположенными друг над другом .....	448
7.3.7.2.	Двухъярусные сушилки с рядом лежащими прямоугольными или квадратными решетками .....	449
7.3.7.3.	Сушилка Triflex .....	451
7.3.8.	Сушилки непрерывного действия .....	452
7.3.8.1.	Особенности конструкции .....	452
7.3.8.2.	Вентиляция .....	453
7.3.9.	Многоярусные сушилки .....	455
7.3.9.1.	Система отопления .....	456
7.3.9.2.	Сушильные решетки .....	456
7.3.9.3.	Вентиляционные установки .....	456
7.3.9.4.	Ворошитель .....	457
7.3.9.5.	Производительность многоярусных горизонтальных сушилок ...	457
7.3.9.6.	Вертикальные сушилки .....	458
7.4.	Процесс сушки .....	458
7.5.	Процесс сушки некоторых типов солода	
	в различных сушилках .....	463
7.5.1.	Общие положения .....	463
7.5.2.	Технология сушки в одноярусной высокопроизводительной сушилке .....	463
7.5.2.1.	Светлый солод .....	463
7.5.2.2.	Темный солод .....	467
7.5.2.3.	Среднеокрашенный солод .....	471
7.5.3.	Технология сушки в солодорастильно-сушильном ящике .....	471
7.5.4.	Технология сушки в двухъярусных сушилках .....	475
7.5.4.1.	Двухъярусная сушилка с одним вентилятором .....	475
7.5.4.2.	Двухъярусная сушилка с отдельными вентиляторами для подсушивания и сушки .....	476
7.5.5.	Двухъярусная сушилка с системой рециркуляции воздуха .....	476
7.5.6.	Сушильный аппарат системы Triflex .....	478
7.5.7.	Вертикальная сушилка непрерывного действия .....	479
7.5.8.	Технология сушки в обычных двухъярусных сушилках .....	480
7.5.8.1.	Светлый солод .....	480
7.5.8.2.	Темный солод .....	481

7.6. Контроль и автоматизация сушильных работ .....	482
7.6.1. Контроль .....	482
7.6.2. Автоматизация процесса сушки .....	482
7.7. Экономия тепла и электроэнергии .....	483
7.7.1. Расход тепла при подсушивании и сушке .....	483
7.7.2. Предварительный подогрев подаваемого воздуха .....	484
7.7.2.1. Применение охлаждающего конденсатора .....	484
7.7.2.2. Применение стеклянного теплообменника .....	484
7.7.2.3. Применение установки с тепловым насосом .....	486
7.7.3. Осушение подаваемого воздуха .....	486
7.7.3.1. Уменьшение энергозатрат .....	486
7.7.3.2. Применение при сушке воздушной смеси .....	486
7.7.4. Повышенная влажность высушенного солода .....	486
7.7.5. Изоляция сушилки .....	487
7.7.6. Двухъярусные сушилки с рециркуляцией воздуха .....	487
7.7.7. Централизованная выработка тепловой и электрической энергии .....	487
7.8. Вспомогательные работы при сушке .....	488
7.8.1. Загрузка сушилок .....	488
7.8.2. Разгрузка сушилок .....	490
7.8.3. Уход за сушилками .....	490
7.8.4. Прочие способы подсушивания и сушки солода .....	491
7.9. Обработка солода после сушки .....	492
7.9.1. Охлаждение .....	492
7.9.2. Удаление ростков .....	492
7.9.2.1. Росткоотбивная машина .....	492
7.9.2.2. Шнеки для удаления ростков .....	494
7.9.2.3. Пневматическое удаление ростков солода .....	494
7.9.2.4. Ростки солода .....	495
7.9.2.5. Переработка ростков солода .....	496
7.9.3. Полировка солода .....	496
7.10. Складирование и хранение сухого солода .....	497
7.10.1. Общие положения .....	497
7.10.2. Процессы, происходящие при хранении солода .....	497
7.10.3. Продолжительность хранения .....	498
7.10.4. Способы хранения солода .....	499
7.10.4.1. Хранение на току .....	499
7.10.4.2. Солодовенные деревянные или стальные ящики .....	499
7.10.4.3. Хранение в силосах .....	499
7.10.4.4. Аппараты для перемешивания .....	500
7.10.4.5. Расслоение солода .....	500
7.10.4.6. Раздаточный силос .....	502
7.10.5. Дополнительные мероприятия .....	502
<b>8. Потери при солодоращении .....</b>	<b>504</b>
8.1. Общие положения .....	504
8.2. Потери при замачивании .....	505
8.3. Потери на дыхание и проращивание .....	505
8.3.1. Величина потерь на дыхание и проращивание .....	505
8.3.1.1. Потери на дыхание .....	505
8.3.1.2. Потери при проращивании .....	505
8.3.2. Влияние условий солодоращения .....	506
8.3.2.1. Влажность .....	506
8.3.2.2. Температура проращивания .....	506
8.3.2.3. Продолжительность проращивания .....	506
8.3.2.4. Состав воздуха грядки .....	507
8.3.2.5. Зависимость потерь от типа получаемого солода .....	507
8.3.2.6. Свойства и равномерность проращивания замачиваемого ячменя ..	507

8.3.3.	Технологические возможности уменьшения потерь при солодоращении .....	508
8.3.3.1.	Сокращение продолжительности проращивания .....	508
8.3.3.2.	Применение диоксида углерода .....	509
8.3.3.3.	Способ повторного замачивания .....	509
8.3.3.4.	Проращивание при убывающих температурах .....	510
8.3.3.5.	Применение ростовых и ингибирующих рост веществ .....	510
8.4.	Определение потерь при солодоращении .....	512
8.4.1.	Расчет потерь солода .....	513
8.4.1.1.	Расчет потерь по массе ячменя и солода .....	513
8.4.1.2.	Расчет потерь по массе 1000 зерен .....	513
8.4.2.	Оценка отдельных составляющих потерь .....	514
<b>9.</b>	<b>Свойства солода .....</b>	<b>516</b>
9.1.	Оценка солода .....	516
9.1.1.	Внешние признаки .....	516
9.1.1.1.	Степень очистки .....	516
9.1.1.2.	Цвет .....	516
9.1.1.3.	Запах .....	516
9.1.1.4.	Вкус .....	516
9.1.2.	Механические анализы .....	516
9.1.2.1.	Масса 1000 зерен .....	517
9.1.2.2.	Сортирование ячменя и солода .....	517
9.1.2.3.	Масса гектолитра .....	517
9.1.2.4.	Плотность .....	517
9.1.2.5.	Проба на погружение .....	518
9.1.2.6.	Проба на срез .....	518
9.1.2.7.	Твердость и рыхлость солода .....	518
9.1.2.8.	Рост зародышевого листка .....	520
9.1.2.9.	Способность к проращению .....	520
9.1.3.	Технохимический анализ солода .....	521
9.1.3.1.	Влажность солода .....	521
9.1.3.2.	Экстрактивность солода .....	521
9.1.3.3.	Продолжительность осахаривания солода .....	522
9.1.3.4.	Фильтрование конгрессного (лабораторного) сусла .....	522
9.1.3.5.	Цветность конгрессного сусла .....	523
9.1.3.6.	Запах и вкус затора и конгрессного сусла .....	523
9.1.4.	Исследование цитолитического растворения .....	524
9.1.4.1.	Разность экстрактов .....	524
9.1.4.2.	Вязкость конгрессного сусла .....	525
9.1.4.3.	Определение содержания $\beta$ -глюкана .....	526
9.1.5.	Исследование степени расщепления белков под действием протеолитических ферментов .....	527
9.1.5.1.	Содержание белка в солоде .....	527
9.1.5.2.	Растворимый азот и степень растворения белка .....	528
9.1.5.3.	Фракционирование азотсодержащих веществ .....	528
9.1.5.4.	Определение низкомолекулярных соединений .....	529
9.1.6.	Анализ степени расщепления крахмала .....	530
9.1.6.1.	Конечная степень сбраживания .....	530
9.1.6.2.	Состав сахаров в сбраживаемом экстракте .....	530
9.1.6.3.	Йодное число лабораторного сусла .....	531
9.1.6.4.	Определение активности $\alpha$ - и $\beta$ -амилаз .....	531
9.1.7.	Специальные исследования .....	531
9.1.7.1.	Четырехзаторный метод по Гартонгу–Кречмеру .....	532
9.1.7.2.	Кислотность конгрессного сусла .....	533
9.1.7.3.	Определение полифенолов .....	533
9.1.7.4.	Анализ ДМС-предшественников .....	534
9.1.7.5.	Содержание оксиметилфурфуrolа и тиобарбитуровое число .....	535

9.1.7.6.	Определение иных важных соединений .....	535
9.1.7.7.	Некоторые заключительные замечания .....	535
9.1.8.	Пересчет индекса качества солода в целях селекции новых сортов ячменя ..	536
9.2.	Зависимость между качеством солода и затратами на процесс пивоварения .....	538
<b>10.</b>	<b>Специальные типы солода .....</b>	<b>540</b>
10.1.	Пшеничный солод .....	540
10.1.1.	Пивоваренная пшеница .....	540
10.1.1.1.	Потребность в пивоваренной пшенице и связанные с ней проблемы .....	540
10.1.1.2.	Сорта пшеницы .....	540
10.1.1.3.	Погодные условия в течение вегетативного периода .....	541
10.1.1.4.	Внесение азотных удобрений .....	541
10.1.1.5.	Свойства почв .....	541
10.1.1.6.	Контаминация микроорганизмами .....	541
10.1.2.	Анализ пивоваренной пшеницы .....	542
10.1.2.1.	Влажность .....	542
10.1.2.2.	Содержание белка .....	542
10.1.2.3.	Фенольное число .....	543
10.1.2.4.	$\beta$ -глюкан и гемицеллюлозы .....	543
10.1.2.5.	Липиды, минеральные вещества и полифенолы .....	543
10.1.3.	Солодоращение пшеницы .....	543
10.1.3.1.	Замачивание .....	543
10.1.3.2.	Проращивание .....	544
10.1.3.3.	Сушка пшеничного солода .....	547
10.1.3.4.	Темный пшеничный солод .....	547
10.1.3.5.	Потери при солодоращении .....	547
10.1.4.	Анализ пшеничного солода .....	547
10.1.4.1.	Влажность .....	547
10.1.4.2.	Содержание экстракта .....	548
10.1.4.3.	Цитолитическая растворимость .....	548
10.1.4.4.	Содержание белка .....	548
10.1.4.5.	Число Гартонга при 45 °C (VZ 45 °C) .....	548
10.1.4.6.	Содержание полифенолов .....	548
10.1.4.7.	Цветность .....	549
10.1.4.8.	Продолжительность осахаривания и конечная степень сбраживания .....	549
10.1.4.9.	Визуальная оценка пшеничного солода .....	549
10.1.4.10.	Некоторые выводы .....	549
10.1.4.11.	Анализ на гашинг-эффект .....	549
10.2.	Солод из других зерновых культур .....	550
10.2.1.	Рожь .....	550
10.2.1.1.	Солодоращение .....	550
10.2.2.	Анализ ржаного солода .....	550
10.2.1.3.	Некоторые замечания .....	550
10.2.2.	Тритикале .....	550
10.2.2.1.	Солодоращение .....	551
10.2.2.2.	Анализ солода из тритикале в сравнении с пшеничным и ржаным солодом .....	552
10.2.2.3.	Некоторые замечания .....	552
10.3.	Солод короткого ращения и «короткий» солод .....	553
10.4.	Свежепроросший солод .....	553
10.5.	Карамельный солод .....	554
10.6.	Жженный солод .....	555
10.7.	Томленный солод .....	559
10.8.	Кислый солод .....	561
<b>11.</b>	<b>Малое (лабораторное) солодоращение .....</b>	<b>562</b>
	Литература .....	565

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

В настоящее время в производстве солода и пива интенсивно внедряются новые техника и технология, в связи с чем требуются высококвалифицированные кадры, имеющие необходимые для промышленности знания. Глубокое профессиональное образование специалистов позволит в условиях неуклонного роста объемов производства пива и солода выпускать конкурентоспособную продукцию. Известно, что качество пива в значительной мере обусловлено характеристиками солода, поэтому возрастает интерес специалистов к всесторонним сведениям по технологии, оборудованию и биотехнологическим основам солодовенного производства.

В связи с этим издание книги «Технология солодоращения» на русском языке известно во мире специалиста, профессора, доктора сельскохозяйственных наук, дипломированного инженера Л. Нарцисса особенно актуально. Данная книга — часть его трехтомного труда «Пивоварение», из которого в нашей стране ранее были изданы 1-й том «Производство солода» и 2-й том «Технология сусла»

Книга представляет собой перевод на русский язык нового 7-го немецкого издания книги «Технология солодоращения», которое по сравнению с известным многим читателям 6-м изданием (изданным в СССР в 1980 г.) дополнено новыми сведениями по биохимическим превращениям в ходе технологического процесса, технологии солодоращения, а также по аппаратурному оформлению стадий проращивания и сушки. В настоящем издании книги автором дан критический сравнительный анализ существовавших ранее и новых технологий и технологических приемов.

Профессором Л. Нарциссом обобщен богатый собственный опыт и результаты работы специалистов по производству солода (в основном, немецких). В результате получился очень объемный и всесторонний комплексный труд, в котором отражены и объединены основополагающие знания и современные достижения в области производства солода.

В начале книги рассмотрены особенности возделывания и свойств пивоваренного ячменя, его биохимический состав. Проанализировано также значение показателей воды в производстве солода. Особое внимание уделено особенностям образования, активации и ингибирования ферментов, что особенно важно для качества солода, определяющего осуществление технологического процесса пивоварения и качество готового пива.

Первой из технологических стадий подробно изложена подработка ячменя, подготавливающая его к солодоращению, в том числе сушка ячменя при его высокой влажности. Затем самым подробным образом описаны превращения в зерне во время солодоращения как основополагающей технологической стадии производства солода, приведены теория и практика замачивания ячменя, различные технологии солодоращения, начиная с токового. Широко освещены пневматические способы солодоращения, включая специальные, особенности веществ, регулирующих ход проращивания, и их влияние на качество солода. Процессы при сушке солода даны в свете современных представлений, приведены особенности свойств светлого, темного и специального солода, солодосушильное оборудование. Особое внимание уделено мероприятиям по экономии тепла и электроэнергии. Всесторонне рассмотрены показатели готового ячменного и пшеничного солода и их рекомендуемые параметры.

Все перечисленное позволит читателям пополнить знания в области производства солода.

С учетом того, что книга содержит обширные сведения как по биотехнологическим основам, так и по технологии и оборудованию производства солода, она будет полезна специалистам-технологам солодовенных и пивоваренных предприятий, исследователям, аспирантам и студентам.

*Доктор технических наук, профессор Г. А. Ермолаева*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К 7-МУ НЕМЕЦКОМУ ИЗДАНИЮ

Постоянное совершенствование технологии солодоращения, происходившее с момента выхода последнего издания книги в 1976 г., вызвало необходимость в очередной ее переработке, чтобы отразить в ней современный уровень знаний.

В главе «Пивоваренный ячмень» более углубленно рассмотрены такие важные темы, как разведение ячменя, идентификация сортов, влияние того или иного сорта и года урожая, повреждения, обусловленные погодными условиями и т. д. Анализ сортов, естественно, представляет собой своего рода «моментальный снимок». В эту главу включены также сведения о пивоваренной пшенице, так как ее значение в пивоварении в последние годы существенно возросло. Подробно изложены сведения о веществах, входящих в состав ячменя, в частности о ферментах, представляющих интерес для солодоращения. Основы биохимических процессов мы постарались учесть в той мере, насколько это представляется необходимым для понимания явлений проращивания и сушки.

Мы сохранили в новом издании большинство описаний традиционных и хорошо зарекомендовавших себя на практике машин, установок и технологий, причем для наглядности существенно увеличено количество таблиц, схем и рисунков.

Эта книга, с одной стороны, может служить пособием для студентов, обучающихся по специальности «пивоварение», но в то же время она в во многом выходит за рамки лекционного курса. С другой стороны, книга предназначена для специалистов солодовенных производств, которые смогут почерпнуть из нее современные знания по солодоращению и использовать ее в качестве справочного пособия. Кроме того, мы старались побудить пивоваров активнее подходить к вопросам, связанным с выбором основного сырья, и содействовать лучшему пониманию ими проблем солодовенного производства. Главы об оценке ячменя, пшеницы и солода в разных аспектах отражают взаимосвязи между качеством солода и пива, важность учета экологических и экономических факторов.

Создание подобной книги без помощи компетентных специалистов было бы невозможным. Я искренне признателен:

проф. д-ру Фишбеку и д-ру Баумеру за помощь, оказанную ими в подготовке главы «Пивоваренный ячмень»;

приват-доценту д-ру Хакензельнеру за корректуру и внесение дополнений в материал по процессам сушки и энергетическому хозяйству предприятий, за помощь и поддержку;

фирмам-производителям оборудования — Buehler, г. Брауншвейг, Hauner, г. Диспек, Kuenzel, г. Кульмбах, Lausmann, г. Регенсбург и Seeger, г. Плюдерхаузен за предоставленные мне материалы.

Я благодарю моего преемника, проф. д-ра Бака, и его сотрудников — д-ра Форстера, д-ра Захера и д-ра Тума за предоставление информации о ведущихся в институте работах и за обстоятельное обсуждение материалов книги.

Спасибо моим многолетним сотрудникам — г-же д-ру Райхенедер и проф. д-ру Миеданеру, а также многочисленным ассистентам и помощникам, с которыми я сотрудничал в течение 30 лет преподавательской и научной деятельности в г. Вайенштефан.

Список литературы о сравнении с 6-м изданием книги расширен более чем на 60% — это статьи из немецких и зарубежных журналов по пивоварению, доклады на симпозиумах, конгрессах и научно-исследовательские отчеты. Естественно, что в нем много работ института в г. Вайенштефан, в первую очередь, 1-й кафедры технологии пивоварения. Мне не хотелось бы, чтобы частое упоминание публикаций нашего института создало впечатление о завышенной оценке собственных результатов — из 49 «моих» соискателей докторской степени в период 1964–1998 гг. более половины занимались полностью или частично темати-

кой солодоращения и солода. То же относится более чем к 200 дипломным и курсовым работам.

Я также очень признателен спонсорам — Обществу содействия научным исследованиям германских производителей пива, Научно-исследовательской лаборатории пивоварения (г. Мюнхен), Комитету развития промышленных объединений и др., а также издательству «Фердинанд Энке» (*Ferdinand Enke*), его сотрудникам, а также наборному цеху «Юнг» (*Jung*) — за теплое и конструктивное сотрудничество.

Мне хочется надеяться, что новое издание этой книги встретит такой же благожелательный отклик, как и все предыдущие издания.

*Фрайзинг-Вайенштефан, ноябрь 1998 г.  
Людвиг Нарцисс*



## ВВЕДЕНИЕ

Солодоращением называют процесс проращивания зерновых культур в искусственно созданных регулируемых условиях. Получаемый в конце проращивания продукт носит название свежепросошедший солод (раньше его называли «зеленым»), а после подвяливания и сушки из него получается сушеный солод. Основной целью солодоращения является накопление в солоде ферментов, и в зависимости от его назначения различают следующие два направления процесса.

- Проращивание выполняется в целях получения продукта, максимально богатого ферментами. При этом развитие зерна и происходящие в нем в процессе солодоращения химико-биологические превращения имеют подчиненное значение.
- Проращивание ведут так, чтобы вследствие превращений резервных веществ зерна образовалось только определенное количество ферментов. При этом слишком низкое или, напротив, избыточное образование ферментов в ходе проращивания является нежелательным и снижает ценность солодоращения.

Получение солода с максимальным содержанием ферментов — относительно простая задача. Более серьезную проблему представляет собой ограничение происходящих в зерне при проращивании процессов для получения продукта строго определенного качества.

Богатый ферментами продукт находит свое применение в виде свежепросошедшего солода для осахаривания крахмалсодержащего сырья (ржи, кукурузы, картофеля) в спиртовой промышленности, в текстильной промышленности — для расщипловки ткани, в хлебопечении — для повышения силы муки и обеспечения требуемого цвета хлеба. Кроме того, солод широко применяется в пищевой промышленности как ферментсодержащее сырье, а также благодаря своему составу используется для получения солодовых экстрактов, препаратов или кофе.

Важнейшая сфера применения солода — это пивоварение, где он используется либо как «пивоваренный солод» (в Германии, Норвегии, Швейцарии), либо в смеси с несоложенным сырьем (рис, кукуруза, ячмень, сахар). В настоящее время в производстве пива основополагающее значение придается свойствам сухого солода. От характера и качества применяемого солода зависят такие показатели пива, как его цвет, вкус, стабильность и пенообразование, и в рамках этой книги мы будем рассматривать прежде всего приготовление пивоваренного солода.

Теоретически для получения солода может применяться большинство видов зерновых культур, так как все они содержат одинаковые или сходные группы веществ и образуют при солодоращении соответствующие ферменты и похожие конечные продукты. Тем не менее для получения пивоваренного солода больше всего подходит ячмень, так как

- он не так требователен к климату и почве, чем пшеница, а в средних широтах даже при неблагоприятных погодных условиях длительность его вегетационного периода достаточна для нормального роста и развития ячменя;
- проращивание ячменя сравнительно легко контролировать;
- количественное соотношение образующихся при проращивании ферментов благоприятно для желательных превращений находящихся в зерне веществ;
- цветочные (мякинные) оболочки ячменного солода при фильтровании сусла образуют рыхлый фильтрующий слой, способствуя более полному отделению экстракта (сусла) от остатков (дробины);
- по вкусовым и технологическим свойствам полученное из ячменя пиво превосходит напиток из любого другого вида сырья.

Пшеница как голозерный злак труднее размалывается и при применении обычных размалывающих установок эндосперм зерна используется не полностью. От 50 до 100% пшеничного

солода применяется для изготовления специальных сортов пива (в частности, пшеничного) или как «диастатический солод».

Технологические трудности возникают и при переработке ржи, которая по содержанию ферментов в солоде нередко превосходит пшеницу, но в ней отсутствует ряд ферментов, что затрудняет процессы расщепления клеточной стенки и впоследствии вызывает трудности в процессе приготовления пива. В настоящее время также в небольшом количестве для приготовления специальных сортов пива применяются просо и тритикале.

Ячмень, бесспорно, является лучшим пивоваренным сырьем, если даже допустить, что прогресс в солодоращении и пивоварении сделает возможным переработку и других видов злаков. Кроме того, следует заметить, что не весь ячмень одинаково подходит для солодоращения и пивоварения. Пивоваренный ячмень высокого качества должен удовлетворять большому количеству требований, а получаемый из него солод — легко перерабатываться в высококачественное пиво.

# 1. ПИВОВАРЕННЫЙ ЯЧМЕНЬ

## 1.1. Общие вопросы

Ячмень рода *Hordeum* вида *vulgare* — старейший культурный злак. В цветке различают:

- завязь — два перистолыстных рыльца, воспринимающих при оплодотворении цветочную пыльцу, которую выделяют три тычинки в каждом цветке ячменя;
- две небольшие чешуйки в основании завязи, соответствующие околоцветнику других цветов;
- два прицветника (цветочные или мякнинные оболочки), прежде располагавшиеся отдельно около завязи, но срачивающиеся с ней по мере ее увеличения после самоопыления. Их разделяют на внутренние (задние или верхние) и внешние (нижние или передние) цветочные оболочки, несущие усики (ости). Ячмень с несросшимися цветочными оболочками называют голозерным;
- спинную часть цветочной оболочки — два небольших узких, заостренных, похожих на щетинки листочка на основании нижней оболочки. Они остаются на внутреннем стержне и у обмолоченного зерна незаметны;
- базальную щетинку у основания зерна — небольшую часть колосового стержня в основании плода.

В зависимости от распределения цветковая в колосе ячмень подразделяют на многорядный и двухрядный. У многорядного ячменя в каждом ряду колоса расположены по 3 цветка, а вокруг колосового стержня — 6 цветков. Таким образом, в колосе вокруг стержня получается 6 рядов зерен. Различают два типа многорядного ячменя (по длине членика колосового стержня):

- рыхлоколосковый — длина членика колосового стержня более 2,8 мм; колоски со стороны спинки поджаты, средние зерна плотно прилегают к стержню и расположены вертикально друг над другом. Боковые зерна слегка отстоят от колоскового стержня и несколько смещены относительно друг друга. При поверхностном рассмотрении колос кажется четырехрядным, хотя на каждой ступеньке стержня находится по три колоска [1];
- плотноколосковый — длина членика колосового стержня менее 2,1 мм; зерна в рядах расположены равномерно, вертикально и прямолинейно друг над другом; колос напоминает правильную шестиконечную звезду (шестирядный ячмень).

Симметричное строение имеет лишь среднее зерно (вследствие своего положения на колосе, благоприятного для развития). Боковые зерна из-за более быстрого роста средних испытывают давление, существенно замедляющее их рост и изменяющее форму, так что они принимают изогнутый вид и делятся косо проходящей бороздкой на две несимметричные части. Такие изогнутые, несимметричные зерна обнаруживают обычно в пробах ячменя, взятых из многорядных ячменей или смесей с ними. Изогнутые боковые зерна легче средних зерен, и поэтому подобный ячмень характеризуется меньшей насыпной массой по сравнению с другими. Для получения европейского пивоваренного солода многорядный ячмень не слишком пригоден, так как боковые зерна быстрее впитывают воду при замачивании и при солодоращении ведут себя иначе, чем средние зерна. Из неоднородного сырья получается неоднородный солод. В некоторых странах на солод перерабатывают ячмень, богатый белком и ферментами, применяя их в качестве добавок при затирании с несоложенными материалами.

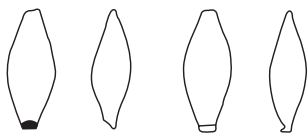
Когда из трех цветков, расположенных по одну сторону от колосового стержня, развивается один средний цветок, вдоль стержня образуется только два ряда зерен, и ячмень называют

двухрядным. Именно он и является собственно пивоваренным. Его возделывают главным образом как яровой, тогда как многорядный ячмень — чаще как озимый.

Двухрядный ячмень характеризуется плоским колосом с симметричными зернами и делится на две основные группы:

- поникающий ячмень (*Hordeum districhum nutans*) — колос рыхлый, длинный, узкий, в течение всего периода созревания поникший; отдельные зерна располагаются неплотно;
- прямостоящий ячмень (*Hordeum districhum erectum*) — колос плотный, широкий, при созревании сохраняет вертикальное положение; отдельные зерна тесно прилегают друг к другу.

Принадлежность ячменя к одной из этих групп можно установить и по отдельному зерну: по форме его основания, волосистому покрову и форме щетинки у основания зерна (рис. 1.1).



Различные формы основания зерен —  
скошенная (слева)  
и с насечкой (справа)



Две чешуйки  
под цветочной оболочкой

Длинные, средние и короткие базальные щетинки (в  
10-кратном увеличении)  
Тип А Тип С

Чешуйки различной формы

Зазубринки на внешних и внутренних  
поверхностях цветочной оболочки

**Рис. 1.1.** Внешние признаки пивоваренных ячменей

Типичными для основания зерна прямостоящего ячменя являются поперечное утолщение и бороздка на спинной стороне. У поникающего ячменя основание зерна срезано косо. Другой характеристикой поникающего ячменя служит волосистость щетинки у основания зерна с длинными (типа А) или короткими и закрученными (типа С) волосками. Наряду с этим боковые ворсинки на спинной стороне, расположенные около главной ворсинки, могут быть частично гладкими, частично зазубренными. Число, величина и стабильность зазубринок зависят от сорта.

Волосистость брюшной бороздки ячменного зерна является признаком сорта. На принадлежность ячменя к определенной группе или сорту указывают форма и волосистость чешуек. Для прямостоящего ячменя характерны маленькие чешуйки, для поникающего — треугольные, хорошо развитые чешуйки, частично охватывающие основание зародыша.

До начала 1980-х гг. применялась обработка ячменя дихлордифенилтрихлорэтаном (ДДТ), и по разному поведению ячменя при обработке им было возможно с определенной точностью идентифицировать ячмень [2, 3].

Большое число новых сортов и их родство друг с другом требует применения новых методов для идентификации сортов ячменя. В странах ЕС возделываются почти все сорта поникающего ячменя, причем доминирующим является тип А (базальная щетинка с длинными прямыми волосками, с малозаметными зубчиками или без них на боковых ворсинках на спинной стороне).

К новым методам идентификации сортов относятся:

- гель-электрофорез спирторастворимой фракции белка (гордеина, см. раздел 1.4.3.4), позволяющий анализировать единичные зерна [4, 5, 6], с применением как кислых, так и щелочных гелей [6];
- окрашивание алейронового слоя (в дополнение к электрофорезу) [6];
- иммунохимическое определение антигена, специфичного для группы сортов озимого ячменя;
- метод, основанный на полимеразной цепной реакции (ПЦР) — отдельный участок ДНК кодируется для определенного фермента и после соответствующей подготовки разделяется методом электрофореза. При этом получается специфичная для данного сорта электрофореграмма. Последующее разделение на втором этапе возможно с помощью фермента рестриктазы [8].

Ранее при заготовке ячменя обращали внимание прежде всего на их происхождение, поскольку ячмень из районов с мягким климатом, выросший и убранный при благоприятных погодных условиях, оказывался более однородным и наиболее пригодным для пивоварения (так называемый «равнинный» ячмень, представлявший собой смесь различных форм, отличавшихся ходом развития и созревания). В последние десятилетия они были заменены новыми сортами, являющимися ныне определяющими для пивоварения.

Тем не менее происхождение ячменя не следует недооценивать. На его сортовые свойства могут оказать значительное воздействие условия окружающей среды (почва, климат, удобрения и т. д.), вследствие чего районированные для определенной местности сорта не могут полностью проявить свои лучшие свойства при возделывании в других районах. Значительное влияние на содержание белка, структуру зерна, способность к образованию ферментов и перерабатываемость оказывают вегетационный период и климат.