

OBSAH

PŘEDMLUVA	1
1. SUROVINY PRO VÝROBU PIVA (G. Basařová)	3
1.1 Pivovarské slady	3
1.1.1 Historický vývoj	3
1.1.2 Druhy sladů	4
1.1.2.1 Světlé slady pšenišského typu	6
1.1.2.2 Tmavé slady mnichovského typu	7
1.1.2.3 Pšeničné slady	7
1.1.2.4 Speciální slady	7
1.1.3 Vliv podmínek skladování na kvalitu sladu	9
1.1.4 Kvalitativní kritéria sladu	10
1.1.5 Mechanická a fyzikální kritéria sladu	11
1.1.5.1 Objemová hmotnost a hmotnost tisíce zrn	11
1.1.5.2 Hustota	11
1.1.5.3 Moučnatost a sklovitost	11
1.1.5.4 Křehkost sladu a její stanovení	12
1.1.5.5 Hodnoty viskozity a filtrovatelnosti sladiny	13
1.1.5.6 Acidita – hodnota pH	14
1.1.6 Chemické složení sladu	14
1.1.6.1 Vlhkost	14
1.1.6.2 Extrakt	14
1.1.6.3 Škrob	14
1.1.6.4 Dusíkaté látky sladu	19
1.1.6.5 Neškrobové polysacharidy	21
1.1.6.6 Lipidy	24
1.1.6.7 Polyfenolové sloučeniny	25
1.1.6.8 Některé další sloučeniny obsažené ve sladu	27
1.2 Náhražky sladu	29
1.2.1 Škrobnaté náhražky sladu	31
1.2.1.1 Nesladované obiloviny	31
1.2.1.2 Škrobnaté výluhy, sirupy a koncentráty	33
1.2.1.3 Speciální sladové náhražky	34
1.2.1.4 Nové úpravy sladových náhražek	34
1.2.2 Cukernaté náhražky	35
1.2.3 Sladové výtažky	35
1.3 Chmel	36
1.3.1 Historie	37
1.3.2 Systematika botanického zařazení chmele	38
1.3.3 Morfologie chmele	39
1.3.3.1 Hlavní části chmelové rostliny	39
1.3.4 Pěstování a agrotechnika chmele	40
1.3.5 Poškození a choroby chmele	41
1.3.6 Sušení chmele, posklizňová úprava a balení chmele	42
1.3.6.1 Sušení chmele	42
1.3.6.2 Sřívání chmele	43
1.3.6.3 Balení a skladování chmele	43
1.3.7 Odrůdy chmele	43
1.3.7.1 Dělení odrůd chmele do obchodovatelných skupin	44

1.3.8 Chemické složení chmele	46
1.3.8.1 Obsah vody	48
1.3.8.2 Chmelové pryskyřice	48
1.3.8.3 α -Hořké kyseliny, jejich analogy, produkty izomerace, hydrolýzy a oxidace	48
1.3.8.4 β -Hořké kyseliny, jejich analogy, produkty izomerace, oxidace a hydrolýzy	53
1.3.8.5 Tvrdé pryskyřice	55
1.3.8.6 Chmelové silice	56
1.3.8.7 Polyfenolové látky chmele	61
1.3.8.8 Sacharidy chmele	70
1.3.8.9 Dusíkaté látky chmele	70
1.3.8.10 Lipidy chmele	70
1.3.8.11 Minerální látky chmele	70
1.3.8.12 Prenylované flavonoidy chmele	70
1.3.8.13 Ostatní látky chmele	72
1.3.9 Zdravotní a antiseptické vlastnosti chmele	72
1.3.10 Problémové látky chmele	74
1.3.11 Změny technologicky významných složek chmele vlivem stárnutí	75
1.4 Chmelové výrobky	75
1.4.1 Chmelové přípravky vyrobené mechanickou úpravou hlávkového chmele	76
1.4.1.1 Chmelové prášky a pelety	76
1.4.2 Chmelové přípravky vyrobené extrakcí hlávkového chmele	78
1.4.2.1 Ethanolový chmelový extrakt	78
1.4.2.2 Extrakt chmele oxidem uhličitým	78
1.4.3 Přípravky z chmelových silic	80
1.4.4 Chmelové přípravky vyrobené chemickými úpravami hlávkového chmele	80
1.4.4.1 Chmelové izoextrakty	80
1.4.4.2 Redukované hydrogenované iso- α -hořké kyseliny	81
1.4.4.3 Izopelety	81
1.4.4.4 Huluponové extrakty	82
1.4.5 Syntetické hořké látky	82
1.4.6 Přehled chmelových produktů používaných při výrobě piva	83
1.5 Voda	84
1.5.1 Historie	84
1.5.2 Zdroje přírodních vod pro pivovarský průmysl	84
1.5.3 „Tvrdost“ vody	85
1.5.4 Celková, vyrovnaná a zbytková alkalita	86
1.5.5 Druhy pivovarských vod	87
1.5.6 Acidobazické účinky solí varní vody	88
1.5.6.1 Reakce iontů varní vody snižující aciditu	88
1.5.6.2 Reakce iontů varní vody zvyšující aciditu	89
1.5.7 Shrnutí významu iontů a jiných složek vody	89
1.5.8 Plyny rozpuštěné ve vodě	91
1.5.9 Organické sloučeniny ve vodních zdrojích	92
1.5.10 Postupy úpravy vod	92
1.5.10.1 Úpravy vody používané v pivovarech	92
1.5.10.2 Sterilace vody	97
1.5.10.3 Recyklace vody	99

1.6 Pomocné suroviny	99
1.6.1 Enzymové přípravky	99
1.6.2 Barvicí prostředky	100
1.6.2.1 Pivní kulér	100
1.6.3 Přípravky ovlivňující pěnivost piva	101
1.6.3.1 Přípravky zvyšující pěnivost piva	101
1.6.3.1 Přípravky omezující pění meziproductů výroby piva	101
Literatura	102
2. PŘÍPRAVA MLADINY (G. Basařová)	112
2.1 Historie	112
2.2 Mletí sladu – šrotování	118
2.2.1 Teorie šrotování	118
2.2.2 Technologie mletí sladu	121
2.2.3 Zařízení pro mletí sladu	122
2.2.3.1 Mletí sladu za sucha	122
2.2.3.2 Mletí sladu s kondicionováním	124
2.2.3.3 Mletí sladu za mokra	126
2.2.3.4 Příprava velmi jemného moučnatého šrotu	127
2.2.3.5 Mletí sladu s omezeným přístupem vzduchu	127
2.2.4 Kontrola šrotování	129
2.2.4.1 Provozní kontrola	129
2.2.4.2 Laboratorní kontrola	129
2.3 Vystírání a zapařování	131
2.3.1 Teorie vystírání	131
2.3.2 Technologie vystírání	132
2.3.2.1 Pracovní postupy vystírky a zapácky	133
2.3.2.2 Doba vystírání	133
2.3.2.3 Výpočet sypaní surovin na várku	133
2.3.2.4 Výpočet hlavního nálevu	134
2.3.3 Kontrola vystírání	135
2.3.4 Příprava vysokoobsažných várek (High-Gravity Brewing)	135
2.3.5 Zařízení pro vystírání	135
2.4 Rmutování	137
2.4.1 Teorie rmutování	137
2.4.1.1 Štěpení škrobu působením amylolytických enzymů	138
2.4.1.2 Štěpení dusíkatých látek působením proteolytických enzymů	140
2.4.1.3 Enzymové štěpení neškrobových polysacharidů	142
2.4.1.4 Změny lipidů při rmutování	146
2.4.1.5 Změny polyfenolů při rmutování	147
2.4.1.6 Změny acidity (pH) při rmutování	148
2.4.1.7 Oxidační reakce při rmutování	149
2.4.1.8 Působení oxidačně-redukčních enzymů sladu při rmutování	149
2.4.1.9 Neenzymové oxidace při rmutování	150
2.4.1.10 Změny anorganických látek při rmutování	150
2.4.2 Technologie rmutování	151
2.4.2.1 Důležité technologické teploty rmutování	151
2.4.2.2 Dekokční postupy rmutování	152
2.4.2.3 Infuzní postupy rmutování	154
2.4.2.4 Speciální postupy rmutování	154

2.4.3	Kontrola rmutování	155
2.4.3.1	Provozní kontrola	155
2.4.3.2	Laboratorní kontrola	155
2.4.4	Zpracování náhražek sladu	155
2.4.5	Biologické okyselení rmutů a sladiny	156
2.4.6	Zařízení pro rmutování	159
2.5	Scezování sladiny a vyslazování mláta	161
2.5.1	Teorie scezování	161
2.5.1.1	Matematický model scezování	162
2.5.1.2	Faktory ovlivňující průběh scezování	162
2.5.2	Technologie a zařízení pro scezování a vyslazování mláta	164
2.5.2.1	Scezování sladiny a vyslazování mláta na klasické scezovací nádobě	164
2.5.2.2	Stahování sladiny „horem“	172
2.5.2.3	Zrychlené scezování	172
2.5.2.4	Intenzifikované scezování pro zvlhčený (kondicionovaný) a za mokra připravený sladový šrot	172
2.5.2.5	Scezování sladiny a vyslazování mláta v moderních scezovacích kádích	172
2.5.2.6	Scezování sladiny a vyslazování mláta na konvenčním sladinovém filtru	173
2.5.2.7	Scezování sladiny a vyslazování mláta na moderních sladinových filtrech	174
2.5.2.8	Scezování na zařízení Strainmaster	176
2.5.2.9	Další způsoby a typy zařízení pro scezování	177
2.5.3	Sladové mláto	178
2.5.4	Kontrola scezování a vyslazování	179
2.5.4.1	Provozní kontrola scezování	179
2.5.4.2	Laboratorní kontrola scezování	179
2.6	Vaření sladiny s chmelem – chmelovar	179
2.6.1	Teorie	180
2.6.1.1	Vyhřívání varních pánví	180
2.6.1.2	Odpaření přebytečné vody a změny těkavých látek při chmelovaru	181
2.6.1.3	Inaktivace enzymů	182
2.6.1.4	Sterilizace mladiny	183
2.6.1.5	Koagulace bílkovin a tvorba lomu	183
2.6.1.6	Vylučování hrubých a jemných kalů	184
2.6.1.7	Rozpouštění a izomerace hořkých chmelových látek	184
2.6.1.8	Využitelnost hořkých látek chmele a faktory jejího ovlivnění	186
2.6.1.9	Změny polyfenolů při chmelovaru	187
2.6.1.10	Změny dalších složek extraktivních látek chmele při chmelovaru	187
2.6.1.11	Produkty Maillardovy reakce	188
2.6.1.12	Tvorba reduktonů a vytváření redoxního potenciálu mladiny	190
2.6.1.13	Oxidace látek extraktu mladiny při chmelovaru	190
2.6.1.14	Zvýšení acidity při chmelovaru	191
2.6.1.15	Změny barvy	191
2.6.2	Technologie a zařízení pro chmelovar	191
2.6.2.1	Materiál varních nádob a způsoby jejich vyhřívání	192
2.6.2.2	Chmelení	193
2.6.2.3	Určování dávky chmele a chmelových přípravků	193
2.6.2.4	Dávkování chmele a chmelových výrobků	193
2.6.2.5	Vaření mladiny za atmosférického tlaku	194
2.6.2.6	Chmelovar za tlaku – vysokotlaký a nízkotlaký chmelovar	197
2.6.2.7	Dvoufázový chmelovar	198
2.6.2.8	Vaření mladiny s adaptací inertního plynu	204

2.6.3 Chmelové mláto	204
2.6.4 Kontrola chmelovaru	205
2.6.4.1 Provozní kontrola	205
2.6.4.2 Laboratorní kontrola	205
2.6.5 Varní výtěžek	205
2.7 Chlazení mladiny a odlučování kalů	206
2.7.1 Teorie	206
2.7.1.1 Chemická a fyzikální vazba kyslíku	207
2.7.1.2 Vznik a vylučování hrubých a jemných kalů z mladiny	208
2.7.1.3 Změny složení mladiny při chlazení a vylučování kalů	210
2.7.2 Technologie a zařízení k odlučování kalů a chlazení mladiny	211
2.7.2.1 Oddělování hrubých kalů	211
2.7.2.2 Zpracování kalové mladiny	216
2.7.2.3 Postupy separace jemných kalů	216
2.7.2.4 Způsoby dochlazení mladiny na zákvasnou teplotu	219
2.7.2.5 Způsoby provzdušňování mladiny	223
2.7.3 Kontrola chlazení mladiny	223
Literatura	224

3. PIVOVARSKÉ KVASINKY (J. Šavel)

3.1 Historie	235
3.2 Druhy pivovarských kvasinek	239
3.2.1 Svrchní a spodní pivovarské kvasinky	239
3.2.1.1 Rozdíly mezi svrchními a spodními pivovarskými kvasinkami	240
3.2.2 Typizace kvasničných kmenů – řazení do sbírek kmenů	242
3.2.3 Genetický základ vlastností pivovarských kvasinek	244
3.3 Kvasinková buňka (morfologie, cytologie)	246
3.3.1 Tvar a velikost kvasničné buňky	246
3.3.2 Funkční a strukturní specifické části kvasinkové buňky	246
3.3.2.1 Složení buňky	246
3.3.3 Chemické složení pivovarských kvasinek	249
3.4 Rozmnožování kvasinek	252
3.5 Buněčný cyklus a stárnutí kvasinkových buněk	252
3.5.1 Fáze buněčného cyklu	252
3.5.2 Faktory stárnutí kvasnic	254
3.6 Kinetika kvasničného růstu	254
3.6.1 Vsádkové a kontinuální kvašení	254
3.6.2 Růstová křivka	256
3.6.3 Modelování hlavního kvašení	258
3.7 Výživa a metabolismus kvasinek	259
3.7.1 Anabolismus a katabolismus	259
3.7.1.1 Příjem živin	259
3.7.2 Zdroje uhlíku	259
3.7.3 Zdroje dusíku	260
3.7.4 Kyslík	261
3.7.5 Anorganické soli	263
3.7.6 Vitaminy a enzymy	263
3.8 Tvorba metabolitů při kvašení	264
3.8.1 Získávání energie oxidací sacharidů (glykolýza)	264

3.8.2 Tvorba alkoholu a oxidu uhličitého	264
3.8.3 Tvorba vyšších alkoholů	266
3.8.4 Tvorba esterů	268
3.8.5 Tvorba a redukce aldehydů a ketonů	268
3.8.6 Tvorba sírných metabolitů	269
3.8.7 Vznik organických kyselin	273
3.8.8 Změny acidity při kvašení	273
3.8.9 Proteolytické enzymy kvasinek	274
3.9 Flokulace a sedimentace pivovarských kvasinek	274
3.9.1 Popis flokulace	274
3.9.2 Mechanismus flokulace	274
3.10 Metody kontroly a studia pivovarských kvasinek	276
3.10.1 Metabolické testy	276
3.10.2 Mikroskopie ve viditelné oblasti	277
3.10.2.1 Barvení buněk s pozorováním ve viditelné oblasti	277
3.10.3 Fluorescenční metody	277
3.10.3.1 Fluorescenční barvení	277
3.10.3.2 Fluorescenční mikroskopy	278
3.10.3.3 Spektrofluorimetry	278
3.10.3.4 Fluorescenční skenery neboli řádkovací cytometry	278
3.10.3.5 Průtokové cytometry	278
3.11 Měření koncentrace pivovarských kvasinek	280
3.11.1 Koncentrace a aktivita kvasnic	280
3.11.1.1 Stanovení objemu vlhké biomasy	280
3.11.1.2 Stanovení sušiny	280
3.11.1.3 Přímé počítání kvasničných buněk	281
3.11.1.4 Fotometrie ve viditelné nebo infračervené oblasti	281
3.11.1.5 Další metody	281
3.12 Měření aktivity pivovarských kvasinek	283
3.12.1 Požadavky na aktivitu vřečných kvasnic	283
3.12.2 Stanovení reprodukční schopnosti (viability) a vitality pivovarských kvasinek	283
3.12.3 Měření fyziologických procesů kvasinek	284
3.12.4 Kombinované metody hodnocení aktivity kvasnic	284
3.12.5 Technologická aktivita kvasnic	284
3.13 Stresové faktory pivovarských kvasinek	285
3.13.1 Negativní vlivy působící na kvasnice	285
3.13.1.1 Teplotní stres	285
3.13.1.2 Ethanolový stres	286
3.13.1.3 Osmotický stres	286
3.13.1.4 Tlakový stres a stres oxidu uhličitého	286
3.13.1.5 Hodnota pH jako stresový faktor	287
3.13.1.6 Oxidační stres	287
3.13.1.7 Iontový stres	287
3.13.1.8 Dusitanový stres	287
3.13.1.9 Vliv kalů	288
3.13.1.10 Vliv pesticidů	288
3.13.2 Vliv kontaminujících mikroorganismů	288
3.14 Příprava, úschova a množení čistých kultur	288
3.14.1 Propagace kvasnic	288
3.14.1.1 Úschova kmenů	288

3.14.1.2	Vsádková propagace neaerovaná	288
3.14.1.3	Vsádková propagace aerovaná	289
3.14.1.4	Taktová a kontinuální propagace kvasnic	289
3.14.2	Zařízení propagačních stanic	292
3.14.2.1	Příklady klasické a kontinuální propagační stanice	293
3.15	Vázané kvasinky	295
	Literatura	298
4.	MIKROBIOLOGIE PIVOVARSKÉ VÝROBY (J. Šavel)	310
4.1	Historie	311
4.2	Plísňe	312
4.3	Cizí kvasinky	314
4.4	Bakterie	318
4.4.1	Bakterie v pivovarství	318
4.4.1.1	Mladinové bakterie	322
4.4.1.2	Octové bakterie	323
4.4.1.3	Mléčné bakterie	323
4.4.1.4	Mikrokoky	327
4.4.1.5	<i>Zymomonas mobilis</i>	327
4.4.1.6	<i>Pectinatus cerevisiiphilus</i>	327
4.4.1.7	<i>Megasphaera cerevisiae</i>	328
4.4.1.8	<i>Bacillus</i> a <i>Clostridium</i>	328
4.4.1.9	<i>Selenomonas</i> a <i>Zymophilus</i>	328
4.5	Mikrobiologie výroby piva	328
4.5.1	Výskyt a škodlivost mikroorganismů	328
4.5.2	Volné buňky a biofilmy	330
4.5.3	Růst mikroorganismů v pivu	332
4.6	Průkaz a stanovení mikroorganismů	334
4.6.1	Klasické metody	334
4.6.2	Rychlometody	337
	Literatura	342
5.	KVAŠENÍ MLADINY A DOKVAŠOVÁNÍ PIVA (G. Basařová, P. Basař)	349
5.1	Historie	349
5.2	Hlavní kvašení	351
5.2.1	Teorie hlavního kvašení – Ballingovy attenuační zákony	351
5.2.1.1	Vývin tepla při kvasném procesu	353
5.2.2	Faktory ovlivňující průběh hlavního kvašení	355
5.2.2.1	Složení mladiny	355
5.2.2.2	Teplota a tlak při kvašení	356
5.2.2.3	Kmen a dávka kvasinek	357
5.2.2.4	Nasycení zakvašované mladiny kyslíkem	357
5.2.3	Změny probíhající v mladině při hlavním kvašení	358
5.2.3.1	Pokles původního extraktu mladiny	358
5.2.3.2	Zkvašování sacharidů	358
5.2.3.3	Tvorba ethanolu a oxidu uhličitého	358
5.2.3.4	Změny acidity	358
5.2.3.5	Změny barvy	359
5.2.3.6	Vývoj redoxní kapacity	359

5.2.3.7	Snížení obsahu dusíkatých látek	359
5.2.3.8	Změny hořkých chmelových látek	359
5.2.3.9	Změny polyfenolových sloučenin	360
5.2.3.10	Tvorba vedlejších produktů kvašení	360
5.2.4	Technologické postupy a zařízení pro hlavní kvašení	362
5.2.4.1	Stacionární spodní hlavní kvašení	362
5.2.4.2	Svrchní kvašení	368
5.2.4.3	Urychlené postupy hlavního kvašení	370
5.2.4.4	Nepravidelnosti hlavního kvašení	371
5.2.5	Sběr, zpracování, ošetřování a skladování kvasnic	373
5.2.5.1	Sběr sedimentovaných kvasnic	373
5.2.5.2	Zpracování sbíraných kvasnic	373
5.2.5.3	Ošetřování kvasnic pro další nasazení	375
5.2.5.4	Úschova kvasnic	377
5.2.6	Kontrola tradičního kvašení	378
5.2.6.1	Provozní kontrola	378
5.2.6.2	Doplňkové laboratorní analýzy	378
5.2.6.3	Výtěžek a výtrata piva ve spilce	378
5.3	Dokvašování a zrání (ležení) piva	379
5.3.1	Teorie	379
5.3.1.1	Pozvolný pokles teploty a pozvolné zkvašování zbylého extraktu	379
5.3.1.2	Sycení piva oxidem uhličitým a jeho fixace	379
5.3.1.3	Číření piva	381
5.3.1.4	Zrání chuti a vůně piva	381
5.3.2	Technologie a zařízení pro stacionární dokvašování a zrání piva	382
5.3.2.1	Prostory a zařízení pro stacionární kvašení a dokvašování piva	382
5.3.2.2	Technologie dokvašování a zrání spodně kvašených piv	385
5.3.2.4	Dokvašování svrchně kvašených piv	386
5.3.3	Kontrola dokvašování a zrání piva	386
5.3.3.1	Provozní kontrola dokvašování a zrání piv	386
5.3.3.2	Laboratorní běžná a rozšířená kontrola	386
5.3.3.3	Výtraty v ležáckém sklepě	386
5.4	Kvašení a dokvašování ve velkoobjemových nádobách	387
5.4.1	Přednosti fermentace ve velkoobjemových nádobách	387
5.4.2	Druhy velkoobjemových nádob	387
5.4.3	Kvašení a dokvašování piva v cylindrokónických tancích (CKT)	389
5.4.3.1	Konstrukce, materiál a geometrické řešení CKT	389
5.4.3.2	Chlazení CKT	392
5.4.3.3	Programové řízení provozu CKT	394
5.4.3.4	Izolace CKT	394
5.4.3.5	Čidla pro kontrolu a regulaci kvasného procesu v CKT	394
5.4.3.6	Rozvody a armatury CKT	395
5.4.4	Technologie v cylindrokónických tancích (CKT)	395
5.4.4.1	Faktory ovlivňující průběh kvašení v CKT	396
5.4.4.2	Způsoby zakvašování a dávkování kvasnic v CKT	397
5.4.4.3	Odpouštění a opětovné nasazování kvasnic v CKT	398
5.4.4.4	Jednofázové postupy fermentace	399
5.4.4.5	Dvoufázové postupy	400
5.4.5	Kontrola kvasného procesu v cylindrokónických tancích (CKT)	400
5.4.5.1	Provozní kontrola	401
5.4.5.2	Přístrojová technika pro snímání hodnot v CKT	401

5.5 Kontinuální kvašení a dokvašování piva	401
5.5.1 Kontinuální kvašení podle Couttse	402
5.5.2 ABM-systém kontinuálního kvašení	402
5.5.3 Kaskádový systém kontinuálního kvašení	402
5.5.4 Věžový systém kontinuálního kvašení firmy APV	402
5.5.5 Kvašení s imobilizovanými kvasinkami	403
5.6 Jímání oxidu uhličitého	405
Literatura	407
6. DODATEK: ENZYMY V PIVOVARSTVÍ (J. Šavel)	415
6.1 Vlastnosti enzymů a jejich reakce	415
6.2 Nomenklatura enzymů	420
6.3 Enzymy v pivovarství	421
Literatura	426
7. FILTRACE, ODSTŘEDOVÁNÍ A MEMBRÁNOVÁ TECHNIKA	428
(G. Basařová, J. Šavel, T. Lejsek)	
7.1 Historie	429
7.2 Filtrace	430
7.2.1 Teorie filtrace	430
7.2.1.1 Prostupnost a průtočnost filtrační vrstvy	430
7.2.1.2 Faktory ovlivňující proces filtrace	433
7.2.1.3 Blokování filtrační vrstvy	435
7.2.1.4 Předpověď filtrovatelnosti piva	435
7.2.2 Filtrační materiály	437
7.2.2.1 Pivovarská hmota	437
7.2.2.2 Křemelina	438
7.2.2.3 Perlit	443
7.2.2.4 Aktivní uhlí	443
7.2.2.5 Regenerovatelné filtrační prostředky	443
7.2.2.6 Kombinované filtrační materiály	444
7.2.2.7 Filtrační naplavovací desky (vločky)	444
7.2.2.8 Desky pro dofiltraci piva	444
7.2.2.9 Elementy pro modulovou filtraci	444
7.2.2.10 Filtrační membrány	445
7.2.3 Přístroje pro měření prostupnosti, průtočnosti filtračních materiálů a filtrovatelnosti	445
7.2.4 Technologie a zařízení pro filtraci piva	449
7.2.4.1 Filtrační přepážky	450
7.2.4.2 Filtrace filtrační hmotou na miskovém filtru	451
7.2.4.3 Naplavovací křemelinová filtrace	451
7.2.4.4 Desková filtrace pro dofiltraci piva	458
7.2.4.5 Modulové filtry pro sterilizační filtraci	460
7.2.4.6 Varianty svíčkových keramických a plastových modulů pro dofiltraci a sterilizační filtraci	460
7.2.4.7 Dodatkové zařízení k filtrům	461
7.2.5 Sklep na filtrované pivo (přetlačný sklep)	461
7.2.6 Kontrola filtrace	462

7.3 Odstředování	462
7.3.1 Teorie	462
7.3.2 Typy odstředivek	463
7.3.2.1 Vertikální talířová odstředivka	463
7.3.2.2 Horizontální bubnová odstředivka	465
7.4 Membránová technika	465
7.4.1 Teorie	467
7.4.2 Materiál a konstrukce membrán	468
7.4.2.1 Materiál membrán	470
7.4.2.2 Konstrukce membrán	470
7.4.3 Provozní aplikace membránových technik	473
Literatura	478
8. PASTERACE PIVA (J. Šavel)	482
8.1 Historie	482
8.2 Teorie	483
8.2.1 Tepelná odolnost mikroorganismů	483
8.2.2 Měření tepelné odolnosti mikroorganismů	485
8.2.3 Faktory ovlivňující hynutí mikroorganismů teplem	487
8.2.4 Chemické a senzorkové změny piva při pasteraci	488
8.2.4.1 Vliv kyslíku	488
8.2.4.2 Změny barvy	489
8.2.4.3 Tvorba karbonylových sloučenin a pokles obsahu aminokyselin	489
8.2.4.4 Další změny v složení piva	489
8.2.5 Vliv pasterace na organoleptické vlastnosti piva	489
8.3 Technologické varianty a zařízení pro pasteraci	490
8.3.1 Tunelová pasterace	490
8.3.1.2 Zařízení pro tunelovou pasteraci	492
8.3.2 Průtoková pasterace	494
8.3.2.1 Zařízení pro průtokovou pasteraci	494
8.3.3 Porovnání tunelové a průtokové pasterace	497
8.4 Kontrola pasterace	498
8.4.1 Mikroprocesorové přístroje	498
8.4.2 Mikrobiologické rozborů	498
8.4.3 Chemický průkaz pasterace	501
8.4.4 Měření spolehlivosti průtokové pasterace	502
Literatura	503
9. STÁČENÍ A EXPEDICE PIVA (T. Lejsek)	505
9.1 Historie	505
9.2 Současný vývoj stáčení piva	506
9.3 Stáčírny piva	506
9.4 Obaly a obalový materiál	509
9.4.1 Výčepní obaly	510
9.4.1.1 Transportní sudy	510
9.4.1.2 Výčepní tanky	512
9.4.1.3 Party-soudky	514
9.4.2 Drobné spotřebitelské obaly	514

9.4.2.1 Skleněné lahve	514
9.4.2.2 Plastové lahve	516
9.4.2.3 Uzávěry lahví	519
9.4.2.4 Plechovky	520
9.4.3 Přepravy, kartony, přebaly smršťitelnou folií	520
9.5 Manipulační zařízení	521
9.5.1 Dopravníky	521
9.5.2 Paletizace	525
9.5.3 Vykládání a vkládání lahví	528
9.6 Mytí přepravek	530
9.7 Mytí drobných obalů	532
9.8 Plnění a uzavírání	536
9.9 Pasterace	541
9.9.1 Průtokový paster	541
9.9.2 Tunelový paster	541
9.10 Etiketování	543
9.10.1 Etikety	543
9.10.2 Etiketovací stroje	543
9.11 Kontrolní zařízení lahvářenských linek	547
9.12 Mytí a plnění sudů	550
9.12.1 Mytí a plnění konvenčních sudů	550
9.12.2 Mytí a plnění válcových sudů KEG	550
9.13 Sklady k stáčárnám piva	554
Literatura	555
10. DRUHY PIV (J. Šavel, G. Basařová)	558
10.1 Historie	558
10.2 Česká a zahraniční piva	559
10.2.1 Druhy pív	559
10.2.2 Pivo českého typu	566
10.2.3 Homebrewing a minipivovary	569
10.3 Výroba nízkoalkoholického a nealkoholického piva	570
10.3.1 Legislativa nízkoalkoholického a nealkoholického piva	570
10.3.2 Způsoby přípravy nízkoalkoholických a nealkoholických pív	571
10.3.2.1 Postupy s úpravou technologie	571
10.3.2.2 Postupy se speciálními pivovarskými kvasinkami nebo jinými produkčními mikroorganismy	572
10.3.2.3 Technologie s odstraňováním ethanolu z piva speciálním zařízením	573
10.4 Pivo s redukovanou hladinou zatěžujících sacharidů – DIA-pivo	578
10.4.1 Podmínky výroby	579
10.5 Příprava mladinových a pivních koncentrátů	580
10.6 Chemické složení pív	580
10.6.1 Stanovení extraktu a alkoholu	580
10.6.2 Stanovení dalších důležitých znaků	586
10.6.3 Smyslové hodnocení piva	598
10.6.4 Příklad ovlivnění základních znaků piva	602
Literatura	603

11. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ STABILITA PIVA (G. Basařová)	608
11.1 Historie	608
11.2 Teorie	609
11.2.1 Kalící částice a koloidy piva	609
11.2.2 Druhy koloidních zákalů	610
11.2.2.1 Chladový neboli reverzibilní zákal	610
11.2.2.2 Trvalý neboli ireverzibilní zákal	610
11.2.2.3 Polysacharidový zákal	610
11.2.2.4 Kovový zákal	610
11.2.2.5 Křemičitanový a oxalátový zákal	610
11.2.2.6 Další typy zákalů	611
11.2.3 Chemické složení koloidních zákalů	611
11.2.3.1 Polyfenolové látky	611
11.2.3.2 Polypeptidy	612
11.2.3.3 Sacharidy	612
11.2.3.4 Kovové ionty	613
11.2.4 Mechanismus tvorby koloidních zákalů	613
11.2.5 Přirozená koloidní stabilita piva	615
11.2.5.1 Vliv varní vody	615
11.2.5.2 Vliv kvality sladu	615
11.2.5.3 Vliv kvality chmele a chmelových přípravků	616
11.2.5.4 Vliv technologického postupu přípravy piva	616
11.2.5.5 Vlastnosti kmene kvasinek	616
11.3 Stabilizační přípravky, postupy a jejich technologické aplikace	617
11.3.1 Srážecí stabilizační prostředky	617
11.3.1.1 Tanin	618
11.3.1.2 Formaldehyd	619
11.3.2 Enzymové stabilizátory	619
11.3.2.1 Požadavky na enzymové stabilizátory	619
11.3.2.2 Přípravky s proteolytickou enzymovou aktivitou	620
11.3.2.3 Imobilizované proteolytické enzymy	620
11.3.2.4 Enzymy z geneticky modifikovaných kmenů kvasinek	620
11.3.2.5 Enzymy štěpící neškrobové polysacharidy	621
11.3.3 Adsorpční stabilizátory	621
11.3.3.1 Požadavky na adsorpční stabilizátory	621
11.3.3.2 Adsorbenty dusíkatých látek	621
11.3.3.3 Adsorbenty polyfenolových sloučenin	624
11.3.4 Kombinovaná sorpce zákalotvorných látek piva	631
11.3.4.1 Sdružené aplikace adsorbentů polyfenolů a polypeptidů	631
11.3.4.2 Kombinovaná sorpce polyfenolů a polypeptidů piva pomocí měničů iontů	631
11.3.5 Ječmeny se sníženým obsahem anthokyanogenů	632
11.3.6 Antioxidační stabilizátory	632
11.3.6.1 Askorbová kyselina	633
11.3.6.2 Oxid siřičitý	633
11.3.6.3 Enzymové antioxidanty	633
11.4 Kontrola účinnosti stabilizačních postupů	634
11.4.1 Precipitační testy	634
11.4.2 Obsah zákalotvorných polyfenolů v pivu	635
11.4.3 Stanovení redoxního potenciálu piva	635

11.4.4 Předpověď koloidní trvanlivosti piva forsírovacími testy	635
11.4.5 Speciální metody pro stanovení vlastností zákalotvorných látek	636
Literatura	637

12. STÁRNUTÍ PIVA (J. Šavel)	645
12.1 Historie	645
12.2 Vymezení pojmu stárnutí piva	645
12.3 Chemické složení piva a jeho změny	646
12.3.1 Barva a čírost piva	646
12.3.2 Vůně a chuť piva	647
12.3.3 Hlavní senzoričky aktivní látky vznikající stárnutím piva	647
12.3.3.1 Principy studia vůně a chuti piva	647
12.4 Mechanismy senzoričkého stárnutí	649
12.4.1 Hlavní typy reakcí	649
12.4.2 Streckerovo odbourávání aminokyselin	650
12.4.3 Maillardova reakce	650
12.4.4 Oxidace a fotooxidace nenasyčených mastných kyselin a jejich derivátů	652
12.4.4.1 Oxidace mastných kyselin a jejich esterů	652
12.4.4.2 Enzymové oxidace mastných kyselin	654
12.4.4.3 Neenzymové oxidace mastných kyselin	656
12.4.5 Oxidace alkoholů a acetalů	656
12.4.6 Oxidace hořkých látek a silic	656
12.4.7 Oxidace polyfenolů	657
12.4.8 Aldolová kondenzace karbonylových sloučenin	657
12.4.9 Sekundární autooxidace aldehydů	657
12.5 Účinek fyzikálně-chemických faktorů ovlivňujících stárnutí piva	657
12.5.1 Teplota skladování	657
12.5.2 Světlo a záření	658
12.5.3 Anaerobní a aerobní oxidace	658
12.5.4 Oxidačně-redukční potenciál	660
12.5.5 Radikálová oxidace reaktivními formami kyslíku	660
12.5.5.1 Reaktivní formy kyslíku	660
12.5.5.2 Různé typy kyslíkatých radikálů	662
12.5.5.3 Metody průkazu radikálů	662
12.5.6 Zrychlení a zpomalení stárnutí piva	663
12.5.7 Látky s antioxidačním účinkem	663
12.5.7.1 Druhy antioxidantů	663
12.5.7.2 Polyfenolové sloučeniny	663
12.5.7.3 Oxid siřičitý	663
12.5.7.4 Reduktory a melanoidní látky	665
12.5.8 Acidita (pH)	665
12.5.9 Mechanické faktory	665
12.6 Komplexní teorie stárnutí	665
12.6.1 Tvorba těkavých aldehydů za účasti melanoidinů	665
12.6.2 Tvorba těkavých aldehydů za účasti polyfenolů	665
12.7 Metody předpovídání a identifikace změn při stárnutí piva	666
12.7.1 Měření oxidačně-redukčního potenciálu	666
12.7.2 Indikátory stárnutí	667
12.7.2.1 Chemické metody	667

12.7.2.2 Fyzikální metody	670
12.8 Technologické a technické možnosti k zpomalení stárnutí stočeného piva	673
12.8.1 Faktory ovlivňující stárnutí	673
12.8.2 Suroviny	674
12.8.3 Kvašení a dokvašování piva	675
12.8.4 Filtrace, stabilizace, pasterace, stáčení a skladování piva	677
Literatura	679
13. ŘÍZENÍ JAKOSTI V PIVOVARSKÉ VÝROBĚ (J. Šavel)	689
13.1 Historie	689
13.2 Jakost a její řízení	689
13.2.1 Definice jakosti	689
13.2.2 Celkové řízení kvality a ISO 9000	691
13.2.2 Model EFQM	695
13.2.3 Certifikace	696
13.2.4 Mezinárodní pojetí jakosti	696
13.3 Systémové pojetí kontroly	697
13.4 Metody a nástroje řízení kvality	700
13.4.1 Všeobecné metody	700
13.4.2 Metoda kritických bodů (HACCP)	704
13.5 Statistické nástroje řízení kvality	705
13.6 Metrologie a přesnost měření	710
13.6.1 Metrologie a měření	710
13.6.2 Přesnost analytických metod	712
13.7 Náklady na řízení jakosti	715
13.8 Měření znaků významných pro spotřebitele	716
13.8.1 Znaky první linie	716
13.8.2 Barva piva	717
13.8.3 Čiřost a zákal	719
13.8.4 Pěnovost piva	723
13.8.4.1 Vlivy na pěnovost piva	728
13.8.5 Přepěňování piva – gushing	729
13.9 Měření znaků důležitých pro výrobce	731
Literatura	735
14. HYGIENA A SANITACE (P. Basař)	743
14.1 Historie	743
14.2 Teoretické základy čištění a dezinfekce	744
14.3 Chemie čištění	745
14.3.1 Koroze materiálů	745
14.3.2 Obecná klasifikace nečistot a způsoby jejich odstraňování	746
14.4 Průmyslové sanitační prostředky	747
14.4.1 Moderní čisticí prostředky	747
14.4.1.1 Zásadité látky	748
14.4.1.2 Kyseliny	749
14.4.1.3 Sekvestrační přísady I	750
14.4.1.4 Oxidační přísady	751
14.4.1.5 Povrchově aktivní látky	752

14.4.1.5 Ostatní přísady	755
14.4.2 Dezinfekční přípravky a jejich působení	755
14.4.2.1 Chemické dezinfekční přípravky	756
14.4.2.2 Snížená citlivost mikroorganismů k dezinfekčním přípravkům	763
14.5 Zásady bezpečné manipulace s chemickými prostředky	763
14.5.1 Nebezpečné látky	764
14.5.2 Bezpečnostní list	764
14.5.3 Označování chemických látek	765
14.5.4 Skladování a distribuce čisticích a dezinfekčních přípravků v rámci závodu	765
14.5.5 Příjem produktů dodávaných v cisternách	767
14.5.6 Konstrukce zásobníků koncentrovaných chemikálií	767
14.5.7 Distribuce produktů v rámci výrobního závodu	768
14.6 Základní metody aplikace čisticích a dezinfekčních přípravků	768
14.6.1 CIP-sanitace	768
14.6.1.1 Princip CIP-sanitace	769
14.6.1.2 Konstrukce CIP-stanic	770
14.6.1.3 Jednotlivé části sanitačního CIP-systému	773
14.6.1.4 Řídicí systém CIP	780
14.6.1.5 CIP-sanitace v jednotlivých výrobních úsecích	781
14.6.2 Sanitace povrchů	784
14.6.2.1 Středotlaká pěnová a gelová sanitace	785
14.6.2.2 Zařízení pro sanitaci povrchů	787
14.6.3 Ošetřování dopravníků	790
14.6.4 Mytí obalů	793
14.6.4.1 Sanitace cisteren	794
14.6.4.2 Sanitace nevratných drobných obalů	794
14.6.4.3 Mytí lahví	794
14.6.4.4 Mytí přepravek na lahve	798
14.6.4.5 Sanitace KEG-sudů	798
14.6.5 Ošetřování tunelových pasterů	799
14.6.5.1 Koroze při pasteraci a ochrana proti korozi	800
14.6.5.2 Potlačení nadměrné tvorby biofilmů	801
14.6.5.3 Tvorba úsad z tvrdé vody	802
Literatura	803

15. VODNÍ A ENERGETICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ,

ODPADY A EMISE PIVOVARSKÉ VÝROBY (G. Basařová, T. Lejsek)	805
15.1 Vodní hospodářství	807
15.1.1 Spotřeba vody a produkce odpadních vod	807
15.1.2 Znečištění odpadních vod	809
15.1.2.1 Hodnocení charakteru odpadních vod	809
15.1.2.2 Úpravy odpadních vod	811
15.1.2.3 Mechanické čištění odpadních vod	811
15.1.2.4 Chemické a fyzikálně chemické čištění odpadních vod	811
15.1.2.5 Biologické čištění odpadních vod	812
15.1.2.6 Účinnost čištění odpadních vod	816
15.2 Energetika v pivovarství	818
15.2.1 Tepelné hospodářství	819
15.2.1.1 Spotřeba tepla v pivovaru	819
15.2.2 Výroba chladu (chladicí zařízení)	820

15.2.2.1 Spotřeba chladu v pivováře	821
15.2.3 Elektrotechnické zařízení	822
15.2.3.1 Spotřeba elektrické energie	822
15.3 Přehled odpadů a emisí z pivovarské výroby	823
15.3.1 Tuhé pivovarské odpady	823
15.3.2 Tuhé a plynné emise do ovzduší	824
15.3.2.1 Toxické emise	824
15.3.2.2 Netoxické emise	825
Literatura	826
16. PIVO A ZDRAVÍ (J. Šavel, G. Basařová)	827
16.1 Historie	827
16.2 Látky prospívající zdraví	828
16.3 Látky škodící zdraví	831
16.4 Pivo a kocovina	833
Literatura	835