

# OBSAH

|   |          |
|---|----------|
| PŘEDMLUVA .....   | 1        |
| <b>1. SUROVINY PRO VÝROBU PIVA (G. Basařová) .....</b>        | <b>3</b> |
| 1.1 Pivovarské slady .....                                    | 3        |
| 1.1.1 Historický vývoj .....                                  | 3        |
| 1.1.2 Druhy sladů .....                                       | 4        |
| 1.1.2.1 Světlé slady plzeňského 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 sladů .....         | 9        |
| 1.1.4 Kvalitativní kritéria sladů .....                       | 10       |
| 1.1.5 Mechanická a fyzikální kritéria sladů .....             | 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 sladů a její stanovení .....                 | 12       |
| 1.1.5.5 Hodnoty viskozity a filtrovatelnosti sladiný .....    | 13       |
| 1.1.5.6 Acidita – hodnota pH .....                            | 14       |
| 1.1.6 Chemické složení sladů .....                            | 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 sladů .....                            | 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 sladů .....      | 27       |
| 1.2 Náhražky sladů .....                                      | 29       |
| 1.2.1 Škrobnaté náhražky sladů .....                          | 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 Sifění 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  | $\alpha$ -Hořké kyseliny, jejich analogy,<br>produkty izomerace, hydrolýzy a oxidace ..... | 48 |
| 1.3.8.4  | $\beta$ -Hořké kyseliny, jejich analogy,<br>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- $\alpha$ -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    | „Tvrdot“ 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 |

|   |            |
|---|------------|
| 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 Přepravky, kartony, přebaly smrštitelnou 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 lahvárenských 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 stáčírnam piva .....  | 554        |
| Literatura .....  | 555        |
| <b>10. DRUHY PIV (J. Šavel, G. Basařová) .....</b>  | <b>558</b> |
| 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<br>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        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>11. FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÁ STABILITA PIVA (G. Basařová)</b> .....                    | 608 |
| 11.1 Historie .....   | 608 |
| 11.2 Teorie .....   | 609 |
| 11.2.1 Kalicí 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        |
| <b>12.</b> | <b>STÁRNUTÍ PIVA (J. Šavel) .....</b>                                       | <b>645</b> |
| 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 senzoričky 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 nenasycených 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        |
| <b>13. ŘÍZENÍ JAKOSTI V PIVOVARSKÉ VÝROBĚ (J. Šavel) .....</b>                    | <b>689</b> |
| 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 Čirot 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        |
| <b>14. HYGIENA A SANITACE (P. Basař) .....</b>                                    | <b>743</b> |
| 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 přísady1 .....  | 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 Snižená 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 čistících 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 čistících 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        |
| <br>  |            |
| <b>15. VODNÍ A ENERGETICKÉ HOSPODÁŘSTVÍ,</b>  |            |
| <b>ODPADY A EMISE PIVOVARSKÉ VÝROBY (G. Basařová, T. Lejsek) .....</b>                  | <b>805</b> |
| 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        |
| <b>16.</b> | <b>PIVO A ZDRAVÍ (J. Šavel, G. Basařová)</b> ..... | <b>827</b> |
| 16.1       | Historie .....                                     | 827        |
| 16.2       | Látky prospívající zdraví .....                    | 828        |
| 16.3       | Látky škodící zdraví .....                         | 831        |
| 16.4       | Pivo a kocovina .....                              | 833        |
|            | Literatura .....                                   | 835        |



|   |            |
|---|------------|
| 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        |
| <b>2. PŘÍPRAVA MLADINY (G. Basařová) .....</b>                          | <b>112</b> |
| 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 zapárky .....                       | 133        |
| 2.3.2.2 Doba vystírání .....  | 133        |
| 2.3.2.3 Výpočet sypání 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 okyselování 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)<br>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 sladínovém filtru .....                         | 173 |
| 2.5.2.7  | Scezování sladiny a vyslazování mláta na moderních sladínových 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        |
| <b>3. PIVOVARSKÉ KVASINKY (J. Šavel) .....</b>                          | <b>235</b> |
| 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 strukturální 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 várečných 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        |
| <b>4.</b> | <b>MIKROBIOLOGIE PIVOVARSKÉ VÝROBY (J. Šavel) .....</b>                 | <b>310</b> |
| 4.1       | Historie .....  | 311        |
| 4.2       | Plísně .....  | 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        |
| <b>5.</b> | <b>KVAŠENÍ MLADINY A DOKVAŠOVÁNÍ PIVA (G. Basařová, P. Basař) .....</b> | <b>349</b> |
| 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  | Nepřavidelnosti 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 sklepe .....                                       | 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        |
| <b>6.</b> | <b>DODATEK: ENZYMY V PIVOVARSTVÍ (J. Šavel) .....</b>   | <b>415</b> |
| 6.1       | Vlastnosti enzymů a jejich reakce .....   | 415        |
| 6.2       | Nomenklatura enzymů .....   | 420        |
| 6.3       | Enzymy v pivovarství .....  | 421        |
|           | Literatura .....  | 426        |
| <b>7.</b> | <b>FILTRACE, ODSTŘEĐOVÁNÍ A MEMBRÁNOVÁ TECHNIKA .....</b>   | <b>428</b> |
|           | <b>(G. Basařová, J. Šavel, T. Lejsek)</b>   |            |
| 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,<br>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<br>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        |
| <b>8. PASTERACE PIVA (J. Šavel) .....</b>                                 | <b>482</b> |
| 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 hytnutí mikroorganismů teplem .....             | 487        |
| 8.2.4 Chemické a senzoričké 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 rozbory .....                                       | 498        |
| 8.4.3 Chemický průkaz pasterace .....                                     | 501        |
| 8.4.4 Měření spolehlivosti průtokové pasterace .....                      | 502        |
| Literatura .....  | 503        |
| <b>9. STÁČENÍ A EXPEDICE PIVA (T. Lejsek) .....</b>                       | <b>505</b> |
| 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        |