

# OBSAH

|          |                                                                                         |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD .....</b>                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>HISTORIE VÝROBY ŠKROBU, POSTAVENÍ ŠKROBÁRENSKÉHO PRŮMYSLU U NÁS A VE SVĚTĚ .....</b> | <b>8</b>  |
| 2.1      | Historie škrobárenství .....                                                            | 8         |
| 2.2      | Postavení škrobárenského průmyslu ve světě a u nás .....                                | 9         |
| 2.3      | Historie výuky technologie škrobu na VŠCHT Praha.....                                   | 15        |
| 2.4      | Použitá a doporučená literatura ke kap. 2.....                                          | 16        |
| <b>3</b> | <b>BIOSYNTÉZA, VLASTNOSTI ŠKROBŮ A ŠKROBOVÝCH DISPERZÍ.....</b>                         | <b>18</b> |
| 3.1      | Chemické složení a struktura škrobového zrna .....                                      | 18        |
| 3.2      | Biosyntéza škrobu a jeho hydrolýza v rostlině.....                                      | 29        |
| 3.3      | Fyzikální vlastnosti škrobu .....                                                       | 33        |
| 3.4      | Vznik a vlastnosti škrobových disperzí.....                                             | 36        |
| 3.4.1    | Bobtnání škrobu ve vodě při nižší teplotě.....                                          | 36        |
| 3.4.2    | Mazovatění škrobu.....                                                                  | 36        |
| 3.4.3    | Ochlazování škrobového mazu .....                                                       | 38        |
| 3.4.4    | Retrogradace škrobových disperzí .....                                                  | 38        |
| 3.5      | Použitá a doporučená literatura ke kap. 3.....                                          | 40        |
| <b>4</b> | <b>SUROVINY PRO VÝROBU ŠKROBU - PĚSTOVÁNÍ A SKLIZEŇ, SLOŽENÍ SUROVIN .....</b>          | <b>41</b> |
| 4.1      | Pěstování a přejímka brambor, surovinová laboratoř.....                                 | 41        |
| 4.2      | Přejímka mouky a pšenice .....                                                          | 42        |
| 4.3      | Geneticky modifikované plodiny a dopady na škrobárenský průmysl.....                    | 43        |
| 4.4      | Použitá a doporučená literatura ke kap. 4.....                                          | 44        |
| <b>5</b> | <b>VÝROBA ŠKROBU .....</b>                                                              | <b>45</b> |
| 5.1      | Výroba škrobu z brambor .....                                                           | 45        |
| 5.1.1    | Ukládka, doprava do škrobárny, praní brambor .....                                      | 46        |
| 5.1.2    | Dezintegrace hlíz .....                                                                 | 48        |
| 5.1.3    | Extrakce škrobového mléka .....                                                         | 50        |
|          | Vypírače .....                                                                          | 50        |
|          | Hodnocení extrakčního procesu .....                                                     | 52        |
| 5.1.4    | Rafinace škrobového mléka .....                                                         | 52        |
| 5.2      | Výroba škrobu ze pšenice.....                                                           | 55        |
| 5.2.1    | Extrakce škrobového mléka .....                                                         | 55        |
|          | Základní pojmy.....                                                                     | 55        |
|          | Lepek, lisování a sušení.....                                                           | 56        |
| 5.2.2    | Rafinace škrobového mléka .....                                                         | 57        |
| 5.3      | Výroba škrobu z kukuřice .....                                                          | 59        |
| 5.4      | Společné operace .....                                                                  | 60        |
| 5.4.1    | Zahuštění škrobového mléka .....                                                        | 60        |
| 5.4.2    | Sušení a chlazení škrobu .....                                                          | 62        |
| 5.4.3    | Skladování a balení škrobu .....                                                        | 63        |
| 5.5      | Bioprodukty.....                                                                        | 63        |
| 5.6      | Bezlepkové výrobky .....                                                                | 64        |
| 5.7      | Použitá a doporučená literatura ke kap. 5.....                                          | 64        |

|          |                                                                                         |           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>6</b> | <b>VÝROBKY ZE ŠKROBU .....</b>                                                          | <b>65</b> |
| 6.1      | Technické dextriny .....                                                                | 65        |
| 6.2      | Tepelně, chemicky a fyzikálně modifikované škroby .....                                 | 68        |
| 6.2.1    | Termicky modifikované a extrudované škroby,<br>annealing, heat moisture treatment ..... | 68        |
| 6.2.2    | Další fyzikální modifikace škrobu .....                                                 | 70        |
| 6.2.3    | Oxidované škroby .....                                                                  | 71        |
| 6.2.4    | Enzymově a chemicky degradované škroby .....                                            | 74        |
| 6.2.5    | Substituované a zesítené škroby .....                                                   | 75        |
|          | Estery škrobu .....                                                                     | 75        |
|          | Škrobové ethery .....                                                                   | 77        |
|          | Zesítené škroby .....                                                                   | 81        |
|          | Derivatizované zesítené škroby .....                                                    | 82        |
| 6.2.6    | Roubované kopolymery škrobu .....                                                       | 83        |
| 6.3      | Škrobové hydrolyzáty .....                                                              | 84        |
| 6.3.1    | Kyselá hydrolyza škrobu .....                                                           | 85        |
| 6.3.2    | Enzymová hydrolyza škrobu .....                                                         | 86        |
| 6.4      | Škroby „clean-label“ .....                                                              | 89        |
| 6.5      | Nanomateriály na bázi škrobu .....                                                      | 89        |
| 6.5.1    | Příprava kyselou hydrolyzou .....                                                       | 90        |
| 6.5.2    | Enzymové zpracování .....                                                               | 90        |
| 6.5.3    | Nanoprecipitace .....                                                                   | 90        |
| 6.5.4    | Reaktivní extruze .....                                                                 | 91        |
| 6.5.5    | Vysokotlaká homogenizace .....                                                          | 91        |
| 6.5.6    | Aplikace ultrazvuku .....                                                               | 91        |
| 6.5.7    | Využití gama záření .....                                                               | 91        |
| 6.5.8    | Elektrospinning a elektro spraying .....                                                | 92        |
| 6.6      | Použitá a doporučená literatura ke kap. 6 .....                                         | 92        |
| <b>7</b> | <b>ŠKROB JEHO KVALITA A TRENDY POUŽITÍ .....</b>                                        | <b>94</b> |
| 7.1      | Hodnocení kvality škrobu, modifikovaných škrobů<br>a škrobových hydrolyzáků .....       | 94        |
| 7.2      | Použití škrobu v potravinářském průmyslu .....                                          | 98        |
| 7.2.1    | Výroba nealkoholických nápojů .....                                                     | 98        |
| 7.2.2    | Výroba cukrovinek .....                                                                 | 98        |
| 7.2.3    | Mlékárenství .....                                                                      | 99        |
| 7.2.4    | Cereální aplikace .....                                                                 | 99        |
| 7.2.5    | Konzervářenský a masný průmysl .....                                                    | 100       |
| 7.2.6    | Výroba lihu .....                                                                       | 101       |
| 7.2.7    | Ostatní potravinářské použití .....                                                     | 101       |
| 7.3      | Nepotravinářské využití škrobu .....                                                    | 102       |
| 7.3.1    | Papírenský průmysl .....                                                                | 102       |
| 7.3.2    | Výroba lepidel .....                                                                    | 102       |
| 7.3.3    | Textilní, oděvní a kožedělný průmysl .....                                              | 103       |
| 7.3.4    | Farmaceutický průmysl .....                                                             | 103       |
| 7.3.5    | Biodegradabilní plasty .....                                                            | 104       |
| 7.3.6    | Výroba biobutanolu .....                                                                | 105       |
| 7.3.7    | Další ekologické aplikace .....                                                         | 106       |
| 7.3.8    | Ostatní nepotravinářské použití .....                                                   | 106       |

|           |                                                                                                                                                              |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4       | Škrob v lidské výživě .....                                                                                                                                  | 107        |
| 7.5       | Škrob jako surovina pro chemické a biochemické výroby .....                                                                                                  | 110        |
| 7.6       | Použitá a doporučená literatura ke kap. 7.....                                                                                                               | 113        |
| <b>8</b>  | <b>VYUŽITÍ DALŠÍCH PRODUKTŮ A MEZIPRODUKTŮ VÝROBY ŠKROBU....</b>                                                                                             | <b>115</b> |
| 8.1       | Vedlejší produkty z technologie bramborového škrobu .....                                                                                                    | 115        |
| 8.1.1     | Hlízová voda .....                                                                                                                                           | 115        |
| 8.1.2     | Zdrtky, jejich lisování .....                                                                                                                                | 115        |
| 8.1.3     | Anorganické příměsi .....                                                                                                                                    | 115        |
| 8.1.4     | Organické nečistoty (tráva, nat') .....                                                                                                                      | 116        |
| 8.2       | Vedlejší produkty z technologie pšeničného škrobu.....                                                                                                       | 116        |
| 8.2.1     | Lepek .....                                                                                                                                                  | 116        |
| 8.2.2     | Pšeničný B-škrob .....                                                                                                                                       | 117        |
| 8.2.3     | Otruby, sláma.....                                                                                                                                           | 117        |
| 8.2.4     | Pentosany .....                                                                                                                                              | 117        |
| 8.2.5     | Výpalky.....                                                                                                                                                 | 117        |
| 8.3       | Vedlejší produkty z výroby kukuřičného škrobu .....                                                                                                          | 117        |
| 8.4       | Použitá a doporučená literatura ke kap. 8.....                                                                                                               | 118        |
| <b>9</b>  | <b>VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ, BIOLOGICKÉ ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD<br/>A VÝROBA BIOPLYNU.....</b>                                                                       | <b>119</b> |
| 9.1       | Snižování spotřeby vody a její zaokružování.....                                                                                                             | 119        |
| 9.2       | Předčištění odpadní vody .....                                                                                                                               | 120        |
| 9.3       | Snížení množství odpadní vody při reaktivní extruzi.....                                                                                                     | 122        |
| 9.4       | Fermentace škrobářenských vod.....                                                                                                                           | 122        |
| 9.5       | Použitá a doporučená literatura ke kap. 9.....                                                                                                               | 124        |
| <b>10</b> | <b>ANALYTICKÉ METODY K HODNOCENÍ ŠKROBÁRENSKÝCH SUROVIN,<br/>MEZIPRODUKTŮ A PRODUKTŮ .....</b>                                                               | <b>125</b> |
| 10.1      | Stanovení obsahu sušiny.....                                                                                                                                 | 125        |
| 10.2      | Stanovení celkového obsahu škrobu .....                                                                                                                      | 127        |
| 10.2.1    | Polarimetrické stanovení obsahu škrobu (Ewersova metoda),<br>stanovení volného a vázaného škrobu ve zdrtkách, stanovení<br>obsahu škrobu v odpadní vodě..... | 128        |
| 10.2.2    | Enzymové stanovení škrobu .....                                                                                                                              | 128        |
| 10.2.3    | Spektrofotometrické stanovení škrobu.....                                                                                                                    | 129        |
| 10.3      | <b>NIR.....</b>                                                                                                                                              | <b>130</b> |
| 10.4      | Stanovení obsahu amylosy .....                                                                                                                               | 130        |
| 10.4.1    | Spektrofotometrické stanovení .....                                                                                                                          | 130        |
| 10.4.2    | Enzymové stanovení .....                                                                                                                                     | 131        |
| 10.5      | Stanovení stravitelnosti škrobu (RDS, SDS a RS) .....                                                                                                        | 132        |
| 10.6      | Stanovení obsahu popela .....                                                                                                                                | 135        |
| 10.7      | Stanovení obsahu fosforu .....                                                                                                                               | 135        |
| 10.8      | Stanovení celkového obsahu dusíku .....                                                                                                                      | 136        |
| 10.9      | Stanovení pH a titrační kyselosti.....                                                                                                                       | 136        |
| 10.10     | Stanovení obsahu SO <sub>2</sub> .....                                                                                                                       | 137        |
| 10.11     | Určení velikosti škrobových zrn .....                                                                                                                        | 138        |
| 10.12     | Stanovení teploty mazovatění .....                                                                                                                           | 141        |
| 10.13     | Stanovení zákalu .....                                                                                                                                       | 142        |
| 10.14     | Stanovení obsahu stipů ve škrobu .....                                                                                                                       | 143        |

|                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.15 Stanovení barvy škrobu a škrobových hydrolyzátů .....                                                          | 143        |
| 10.16 Stanovení dextrosového ekvivalentu sirupů a maltodextrinů<br>(Schoorlova, Lane-Eynonova, Ofnerova metoda)..... | 144        |
| 10.17 Stanovení obsahu tuku ve škrobu a vstupních surovinách .....                                                   | 145        |
| 10.18 Stanovení obsahu lepku v mouce.....                                                                            | 146        |
| 10.19 Stanovení obsahu vlákniny v surovinách.....                                                                    | 146        |
| 10.20 Hustota škrobového mléka.....                                                                                  | 147        |
| 10.21 Viskozimetrická měření .....                                                                                   | 148        |
| 10.22 Stanovení stupně substituce modifikovaných škrobů<br>(chemicky, NMR).....                                      | 156        |
| 10.22.1 Stanovení obsahu acetylových skupin .....                                                                    | 156        |
| 10.22.2 Stanovení obsahu fosfátových skupin.....                                                                     | 158        |
| 10.22.3 DS benzylovaného škrobu.....                                                                                 | 161        |
| 10.22.4 DS karboxymethyletheru škrobu.....                                                                           | 162        |
| 10.22.5 Stanovení obsahu karboxylových skupin.....                                                                   | 162        |
| 10.22.6 Stanovení obsahu karbonylových skupin.....                                                                   | 162        |
| 10.22.7 Obsahy dalších skupin .....                                                                                  | 163        |
| 10.23 Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) .....                                                            | 163        |
| 10.24 Gelová permeační chromatografie (GPC).....                                                                     | 163        |
| 10.25 Mikrobiologické rozborý výrobků a mezivýrobků.....                                                             | 165        |
| 10.26 Krystalinita produktů na bázi škrobu (XRD).....                                                                | 167        |
| 10.27 Bobtnání škrobu a jeho rozpustnost .....                                                                       | 167        |
| 10.28 Hodnocení lepidel.....                                                                                         | 168        |
| 10.29 Použitá a doporučená literatura ke kap. 10 .....                                                               | 170        |
| <b>SEZNAM SYMBOLŮ, JEDNOTEK A ZKRATEK .....</b>                                                                      | <b>173</b> |
| <b>HLAVNÍ POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA .....</b>                                                                  | <b>177</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                                                                                          | <b>178</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK .....</b>                                                                                          | <b>181</b> |