

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra botaniky



# HOUBY

## A HOUBÁM PODOBNÉ ORGANISMY V BIOTECHNOLOGIÍCH

Barbora Mieslerová  
Michaela Sedlářová  
Aleš Lebeda

Olomouc 2016

Recenzenti:

RNDr. Alena Kubátová, CSc. – celá kniha  
doc. RNDr. Michal Tomšovský, Ph.D. – celá kniha  
doc. Ing. Bohumír Cagaš, CSc. – kapitola 10  
prof. Ing. Pavel Dostálek, CSc. – kapitoly 3 a 5  
Mgr. Petr Hrouda, Ph.D. – kapitola 7  
Ing. Ivan Jablonský, CSc. – kapitola 7  
prof. Dr. Ing. Libor Jankovský – kapitola 11  
doc. Ing. Miloš Michlovský, DrSc. – kapitola 4  
prof. RNDr. Milan Navrátil, CSc. – kapitola 13  
doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D. – kapitola 12  
prof. MUDr. RNDr. Vilím Šimánek, DrSc. – kapitoly 8 a 9  
prof. Ing. Květoslava Šustová, Ph.D. – kapitola 6

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

1. vydání

© Barbora Mieslerová, Michaela Sedlářová, Aleš Lebeda, 2016

Foto © Michaela Sedlářová, Barbora Mieslerová, Vladimír Antonín, Zuzana Egertová, Alžběta Hamplová, Tomáš Hanák, Petr Hašler, Jiří Hrdlička, Tereza Hyráková, Ivan Jablonský, Michal Kalista, Miroslava Kavková, Kateřina Klánová, Petr Kolomý, Marina Kopecká, Klára Křížková, Alena Kubátová, Zdeněk Landa, Eliška Ondráčková, Jaroslav Rod, Petr Svoboda, Martina Vašutová, Miroslav Vosátka, 2015

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2016

DOI 10.5507/prf.16.24449838

ISBN 978-80-244-4983-8



# OBSAH

<b>ÚVOD</b>	<b>10</b>
Literatura	12
<b>1 BIOTECHNOLOGIE</b>	<b>14</b>
1.1 Definice biotechnologie	14
1.2 Historie biotechnologií	14
1.3 Hlavní oblasti použití biotechnologií v současnosti	15
Literatura	16
<b>2 HOUBY A HOUBÁM PODOBNÉ ORGANISMY</b>	<b>18</b>
2.1 Základní charakteristika a taxonomické zařazení	18
2.1.1 Stavba stélek hub	18
2.1.2 Taxonomické zařazení hub a houbám podobných organismů	19
2.2 Ekologické a trofické skupiny hub	22
2.3 Výživa hub	24
2.4 Genetika hub	25
2.4.1 Struktura a organizace houbového genomu	25
2.4.2 Zdroje genetické variability hub	25
2.4.2.1 Pohlavní variabilita	25
2.4.2.2 Nepohlavní variabilita	25
2.5 Příklady biotechnologicky významných hub	27
2.5.1 Vlákňité houby	27
2.5.2 Kvasinky	27
Literatura	29
<b>3 PIVOVARNICTVÍ</b>	<b>32</b>
3.1 Pivo	32
3.2 Historie výroby piva	32
3.3 Současné technologie výroby piva	33
3.3.1 Výroba sladu	35
3.3.2 Příprava mladiny	35
3.3.3 Kvašení mladiny a dokvašování mladého piva	38
3.3.4 Závěrečné úpravy a stáčení zralého piva	41
3.4 Druhy a rozdělení piv	42
Literatura	44
<b>4 VINAŘSTVÍ</b>	<b>46</b>
4.1 Historie vinohradnictví a vinařství	46
4.2 Charakteristika a rozdělení odrůd révy vinné	46
4.3 Výroba přírodních vín	49
4.3.1 Sklizeň	49
4.3.2 Úprava hroznů před lisováním	49
4.3.3 Lisování	50
4.3.4 Úprava révového moštu	52
4.3.5 Kvašení moštu	53
4.3.6 Formování vína	54
4.4 Nejdůležitější složky vína	59
4.5 Výroba sladkých, dezertních, kořeněných, šumivých, perlivých a speciálních vín	61
4.6 Další alkoholické nápoje vyráběné pomocí hub	63
Literatura	64

<b>5</b>	<b>LIHOVARNICTVÍ</b>	<b>66</b>
5.1	Lihoviny	66
5.1.1	Lihoviny vyrobené teplou cestou	66
5.1.2	Lihoviny vyrobené studenou cestou	66
5.2	Historie lihovarnictví	66
5.3	Výroba etanolu fermentačním způsobem	67
5.3.1	Biochemie etanolového kvašení	67
5.3.2	Produkční mikroorganismy a suroviny pro výrobu lihu	67
5.3.3	Výroba lihu z melasy	68
5.3.4	Výroba lihu ze škrobnatých surovin	69
5.3.5	Výroba lihu z ovoce	71
5.3.5.1	Příprava ovoce	71
5.3.5.2	Kvašení	72
5.3.5.3	Skladování kvasu	72
5.3.5.4	Destilace	72
5.3.5.5	Skladování a zrání destilátů	72
5.3.6	Výroba některých speciálních druhů lihovin	74
5.3.6.1	Slivovice	74
5.3.6.2	Tequila	74
5.3.6.3	Whisky	74
5.3.6.4	Rum	75
5.3.6.5	Arak nebo arrack	75
5.3.6.6	Vinný destilát – Cognac	75
	Literatura	75
<b>6</b>	<b>POUŽITÍ HOUBOVÝCH MIKROORGANISMŮ K VÝROBĚ SÝRŮ A DALŠÍCH POTRAVIN</b>	<b>78</b>
6.1	Sýry	78
6.1.1	Historie výroby sýrů	79
6.1.2	Rozdělení sýrů	79
6.1.2.1	Dělení sýrů podle typu mléka	79
6.1.2.2	Dělení sýrů podle obsahu tuku	79
6.1.2.3	Dělení sýrů podle obsahu sušiny (tvrdosti)	80
6.1.2.4	Další typy sýrů	80
6.1.3	Výroba sýrů	81
6.1.3.1	Mléko	81
6.1.3.2	Pasterace mléka	81
6.1.3.3	Standardizace a homogenizace mléka	81
6.1.3.4	Úprava mléka před sýřením	81
6.1.3.5	Mlékařské kultury	82
6.1.3.6	Sýření mléka a zpracování sýřeniny	83
6.1.3.7	Formování sýrů	83
6.1.3.8	Solení sýrů	83
6.1.3.9	Zrání sýrů	83
6.1.3.10	Balení	84
6.1.4	Výroba plísňových sýrů	84
6.1.4.1	Sýry typu roquefort	84
6.1.4.2	Sýry typu camembert	85
6.2	Další potraviny vyráběné s pomocí houbových mikroorganismů	85
6.2.1	Sójová omáčka	85
6.2.2	Miso	87
6.2.3	Tempeh	87
6.2.4	Kombucha	87
6.2.5	Tibetská houba (hindukušský hříbek)	87

6.2.6	Fermentace masných výrobků	87
6.2.7	Další potraviny	88
6.3	Výroba mikrobiální biomasy	88
6.3.1	Charakteristika droždí	88
6.3.2	Technologické schéma výroby droždí	89
6.4	„Single cell“ proteiny – bílkoviny jednobuněčných organismů	90
	Literatura	91
<b>7</b>	<b>PRODUKCE JEDLÝCH HUB</b>	<b>93</b>
7.1	Úvod	93
7.2	Seznam volně rostoucích a pěstovaných jedlých hub určených k přímému prodeji nebo k dalšímu průmyslovému zpracování pro potravinářské účely	93
7.3	Pěstování hub	97
7.3.1	Žampiony	97
7.3.2	Hlívy	100
7.3.3	Šii-take (shiitake)	104
7.3.4	Boltcovitka ucho Jidášovo	105
7.3.5	Límcovka obrovská	106
7.3.6	Polnička topolová	106
7.3.7	Penízovka sametonohá	107
7.3.8	Opeňka měnlivá	107
7.3.9	Hnojník obecný	107
7.3.10	Kukmák sklepní	108
7.3.11	Lanýže	108
7.3.12	Smrže	110
7.3.13	Jedlé mikroskopické houby	110
	Literatura	111
<b>8</b>	<b>HOUBY VE FARMACEUTICKÉ BIOTECHNOLOGII</b>	<b>113</b>
8.1	Antibiotika	113
8.1.1	Historie objevu antibiotik	113
8.1.2	Penicilín	114
8.1.2.1	Rod <i>Penicillium</i>	114
8.1.2.2	Výroba penicilínu	115
8.1.3	Cefalosporiny	116
8.1.4	Griseofulvin	116
8.1.5	Fusidany	117
8.1.6	Ostatní antibiotika produkovaná houbami	117
8.2	Antivirové látky z hub	117
8.3	Protinádorové přípravky z hub	117
8.4	Imunosupresivní přípravky z hub	119
8.5	Imunostimulační přípravky z hub	119
8.6	Statiny	121
8.7	Námelové alkaloidy	122
8.7.1	Rod <i>Claviceps</i>	122
8.7.2	Průmyslová produkce námelových alkaloidů	123
8.8	Další způsoby využití hub v lékařství	124
8.8.1	Transformace steroidů houbami	124
8.8.2	Biotransformace dalších farmakologicky aktivních látek	124
8.8.3	Lékařské aplikace houbových enzymů	124
8.8.4	Rozmanité využití hub v lékařství	125
	Literatura	125

<b>9</b>	<b>PRODUKCE ORGANICKÝCH LÁTEK HOUBAMI</b>	<b>128</b>
9.1	Organické kyseliny a jiné metabolity rodu <i>Aspergillus</i>	128
9.1.1	Kyselina citronová (E330)	128
9.1.1.1	Výroba kyseliny citronové	129
9.1.2	Kyselina glukonová (E574)	129
9.1.3	Kyselina gallová	130
9.1.4	Kyselina itakonová	130
9.1.5	Kyselina fumarová (E297)	130
9.1.6	Organické kyseliny a jiné metabolity rodu <i>Aspergillus</i>	130
9.1.7	Využití kvasinek k produkci organických kyselin	130
9.2	Průmyslové alkoholy	131
9.3	Polyhydrické alkoholy	132
9.4	Polysacharidy	132
9.4.1	Výroba chitosanu	132
9.5	Aminokyseliny	133
9.6	Enzymy	133
9.7	Lipidy	134
9.8	Gibereliny	134
9.9	Vitamíny	134
9.9.1	Vitamín B <sub>1</sub> (thiamin)	135
9.9.2	Vitamín B <sub>2</sub> (riboflavin)	135
9.9.3	Provitamín A (β-karoten)	135
9.9.4	Provitamín D <sub>2</sub> (ergosterol)	135
9.10	Další využití látek produkovaných houbami	136
	Literatura	136
<b>10</b>	<b>VYUŽITÍ HOUBOVÝCH BIOTECHNOLOGIÍ V ZEMĚDĚLSTVÍ A PŘÍBUZNÝCH OBORECH</b>	<b>139</b>
10.1	Využití houbových organismů v biologické ochraně	139
10.1.1	Houbové organismy používané k biokontrolě hmyzích škůdců	139
10.1.1.1	<i>Beauveria bassiana</i>	139
10.1.1.2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	140
10.1.1.3	<i>Lecanicillium lecanii</i> (syn. <i>Verticillium lecanii</i> )	140
10.1.1.4	Komerční produkce zástupců vřeckovýtusých hub používaných k biologické ochraně	140
10.1.1.5	Entomophthorales	140
10.1.1.6	<i>Lagenidium giganteum</i>	141
10.1.1.7	<i>Ophiocordyceps</i> spp.	144
10.1.1.8	Mikrosporidie	144
10.1.1.9	<i>Neotyphodium</i> spp.	145
10.1.2	Využití hub v biologické kontrole hádátek	145
10.1.3	Využití hub v biologické kontrole plevelů	145
10.1.4	Využití hub v biologické kontrole houbových chorob	147
10.1.4.1	<i>Trichoderma</i> spp.	147
10.1.4.2	Další mikromycety využívané v biologické ochraně	147
10.1.4.3	<i>Ampelomyces quisqualis</i>	150
10.1.4.4	<i>Phlebiopsis gigantea</i> (kornatec obrovský)	150
10.1.4.5	<i>Pythium oligandrum</i>	150
10.2	Biotechnologie a využití hub ve výživě rostlin	151
10.2.1	Mikrobiální společenstva půd	151
10.2.2	Využití mykorhizní symbiózy pro zlepšení růstu rostlin	151
10.2.2.1	Ektomykorhizní symbióza	153
10.2.2.2	Arbuskulární mykorhizní symbióza	153
10.2.2.3	Orchideoidní mykorhizní symbióza	155
	Literatura	155

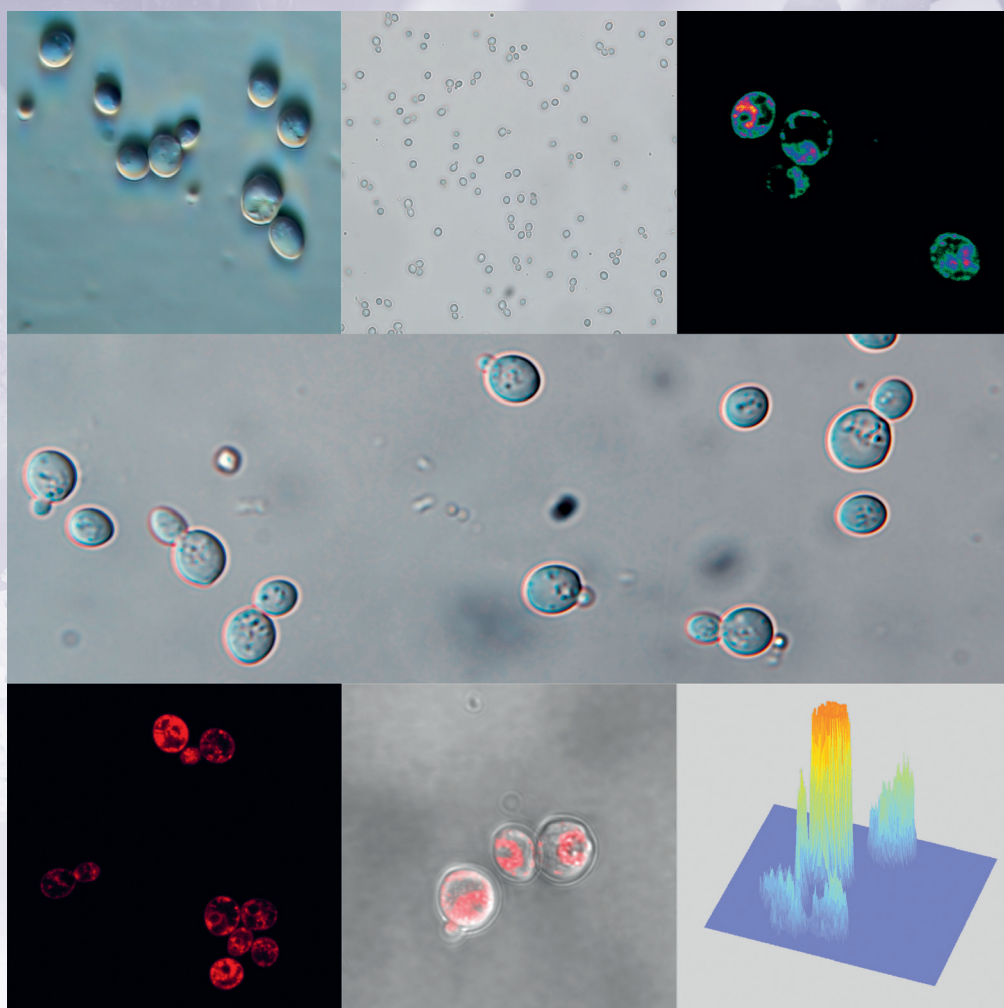
<b>11</b>	<b>HOUBY V BIODEGRADACI A BIODETERIORACI</b>	<b>158</b>
	11.1 Příklady role hub v biodegradaci a biodeterioraci	158
	11.2 Houby rozkládající dřevo	158
	11.2.1 Typy hniloby dřeva	160
	11.2.2 Dřevomorka domácí ( <i>Serpula lacrymans</i> )	162
	11.2.3 Popraška sklepní ( <i>Coniophora puteana</i> )	163
	11.2.4 Další druhy dřevokazných hub nacházených v budovách	163
	11.2.5 Biologická ochrana vůči dřevokazným houbám	163
	11.3 Mikromycety na omítkách v interiérech domů	165
	11.3.1 Biologická ochrana proti mikromycetám na zdivu	165
	11.4 Houby a biodeteriorace potravin	166
	11.5 Houbová deteriorace skladovaného ovoce a zeleniny	166
	Literatura	169
<b>12</b>	<b>VYUŽITÍ ROZKLADU LÁTEK HOUBAMI V OCHRANĚ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ, PAPIRENSKÉM PRŮMYSLU A MINERÁLNÍ TECHNOLOGII</b>	<b>171</b>
	12.1 Bioremediace	171
	12.1.1 Mykoremediace	171
	12.1.1.1 Příklady použití hub v mykoremediaci	171
	12.1.2 Kompostování	173
	12.1.2.1 Houbové mikroorganismy v kompostování	173
	12.2 Další příklady využití biodegradačních schopností hub	175
	12.2.1 Úprava splašků pomocí hub	175
	12.2.2 Využití hub pro zpracování odpadů z výroby destilátů	175
	12.2.3 Využití hub pro zpracování odpadů z přípravy konzumovaných brambor	175
	12.2.4 Zpracování tekutých odpadů z koželužství pomocí hub	176
	12.2.5 Odbarvení melasy	176
	12.2.6 Odbarvování dalších průmyslových odpadů	176
	12.2.7 Využití hub k získávání kovových iontů z roztoku (biosorpce)	176
	12.2.8 Využití dřevních dekompozitorů ke zpracování lignocelulózy	177
	12.2.9 Gasifikace (zplynatění) lignocelulózy pomocí hub	177
	12.2.10 Rozpouštění uhlí	177
	12.2.11 Použití kvasinek k odstranění parafínů a vosků	177
	12.2.12 Houby v minerální biotechnologii – vyluhování kovů z rud	178
	12.3 Houbové textilie	178
	Literatura	180
<b>13</b>	<b>VYUŽITÍ HOUBOVÝCH ORGANISMŮ V MOLEKULÁRNÍ BIOLOGII A GENOVÉM INŽENÝRSTVÍ</b>	<b>182</b>
	13.1 Principy genové manipulace	182
	13.1.1 Historie a výhody využití eukaryot oproti bakteriím	183
	13.1.2 Rekombinantní plazmidy hub	185
	13.1.3 Projekty sekvenace genomů hub	186
	13.2 Houby využívané v genovém inženýrství a k produkci rekombinantních proteinů	187
	13.2.1 <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	187
	13.2.2 <i>Pichia pastoris</i>	187
	13.2.3 Další kvasinky	188
	13.2.4 Vlákňité askomycety	188
	13.2.5 Zygomycety	189
	13.3 Neribozomální peptidy	189
	13.4 Výhled do budoucna	189
	Literatura	190
	<b>JMENNÝ REJSTŘÍK</b>	<b>191</b>
	<b>REJSTŘÍK VĚCNÝ</b>	<b>196</b>

## RECENZENTI

- **RNDr. Alena Kubátová, CSc.**  
(Katedra botaniky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha; *celá kniha*)
- **doc. RNDr. Michal Tomšovský, Ph.D.**  
(Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita, Brno; *celá kniha*)
- **doc. Ing. Bohumír Cagaš, CSc.**  
(Sdružení pěstitelů travních a jetelových semen, Zubří; *kapitola 10*)
- **prof. Ing. Pavel Dostálek, CSc.**  
(Ústav biotechnologie, Fakulta potravinářské a biochemické technologie, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha; *kapitoly 3 a 5*)
- **Mgr. Petr Hrouda, Ph.D.**  
(Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Brno; *kapitola 7*)
- **Ing. Ivan Jablonský, CSc.**  
(Katedra zahradnictví, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita, Praha; *kapitola 7*)
- **prof. Dr. Ing. Libor Jankovský**  
(Ústav ochrany lesů a myslivosti, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelova univerzita, Brno; *kapitola 11*)
- **doc. Ing. Miloš Michlovský, DrSc.**  
(Vínselekt Michlovský, a.s., Rakvice; *kapitola 4*)
- **prof. RNDr. Milan Navrátil, CSc.**  
(Katedra buněčné biologie a genetiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc; *kapitola 13*)
- **doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D.**  
(Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc; *kapitola 12*)
- **prof. MUDr. RNDr. Vilím Šimánek, DrSc.**  
(Ústav lékařské chemie a biochemie, Lékařská fakulta, Univerzita Palackého, Olomouc; *kapitoly 8 a 9*)
- **prof. Ing. Květoslava Šustová, Ph.D.**  
(Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita, Brno; *kapitola 6*)



# ÚVOD



„Je na tomto světě poznání tak jisté, že by o něm  
byť jen jediný člověk nemohl pochybovat?“

(Bertrand Russell)

# ÚVOD

Houby a houbám podobné organismy jsou v současné době členěny do tří, resp. pěti říší (Kalina a Váňa, 2005; Mieslerová et al., 2015). Reprezentují velmi starou, evolučně, geneticky, morfologicky a ekologicky mimořádně rozmanitou skupinu organismů, která plní nezastupitelnou roli v toku hmoty a energie v přírodě. I když je v současné době uváděno, resp. popsáno kolem 70 000 druhů hub a houbových organismů, dřívější odhady říkají, že by jich mohlo být až kolem 1,5 milionu (Hawksworth, 1991), podle nejnovějších poznatků to však může být více než 5 milionů (Blackwell, 2011). Z těchto údajů jednoznačně vyplývá, že stupeň našeho poznání hub *sensu lato* je dosud velmi omezený, což se týká zejména hub mikroskopických.

Z hlediska historie vědeckého a taxonomického poznání byly houby *sensu lato* problematickou skupinou organismů, protože nesplňovaly základní biologická kritéria zařazení k živočichům ani k rostlinám. Již od dob Carla Linného (1707–1778), zakladatele botanické a zoologické systematické nomenklatury, však byly houby z hlediska biologické klasifikace přiřazovány spíše k rostlinám, tj. staly se předmětem zájmu botaniků, posléze pak specialistů na houby, tedy mykologů. Podstatně později a v souvislosti s rozvojem vědeckého poznání se staly, zejména pak houby mikroskopické, předmětem zájmu dalších vědních disciplín, jako jsou např. mikrobiologie, fyziologie, biochemie, farmacie a genetika, v recentní době pak také molekulární biologie. Studium hub z pohledu a metodického zaměření těchto vědních disciplín přineslo obrovské množství teoretických poznatků, z nichž se některé dočkaly i významného praktického uplatnění.

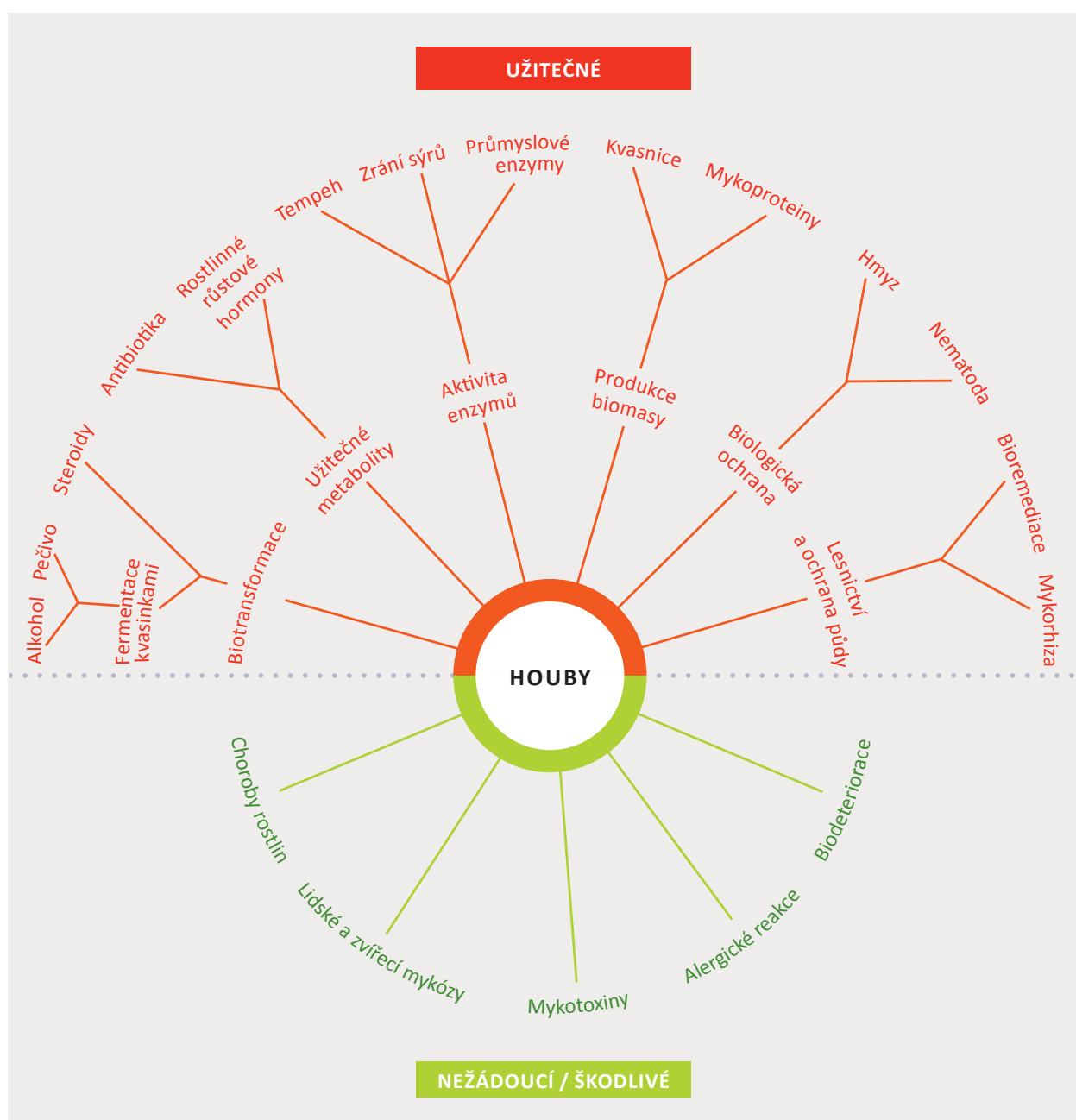
V historii lidstva hrály houby velmi významnou úlohu (Alexopoulos et al., 1996). Od počátku lidské civilizace se s nimi, zvláště pak s makromycetami, tedy kloboukatými houbami, člověk ve svém okolí setkával a postupně je poznával, avšak na rozdíl od rostlin nebo živočichů pro něj představovaly něco zvláštního a někdy až magického. K jejich praktickému využití a konzumaci člověk přistupoval velmi pomalu a obezřetně. Pokud pomíneme přímou konzumaci plodnic kloboukatých hub, tak se člověk s působením hub nepřímo setkával již před několika tisíci lety. Již starověké civilizace měly např. empirickou zkušenost s procesy biologické fermentace a účinky jejich produktů (alkoholu) na lidský organismus. Staří Egypťané považovali kvašení za dar boha Osirise. Později Řekové a Římané v této souvislosti uctívali bohy Dionýsa a Bakchuse, nejdříve formou prostých oslav, později ale také i tzv. bakchanáliemi (bakchickými slavnostmi), což byly obřadné slavnosti (tzv. mystéria), které byly mnohdy spojeny s nezřízeným pitím, jídlem a veselím. Houby hrály významnou roli i v historii starých amerických civilizací v Mexiku a Guatemale, kde se jejich účinky včetně halucinogenního působení (např. *Psilocybe cubensis*) uplatňovaly v mytologii a náboženských obřadech. Svůj význam však měly i v šamanismu a medicíně severoamerických indiánů (např. *Fomitopsis officinalis*). V mystice a s ní spojených obřadech těchto kultur hrály velký význam i bioluminiscenční houby (např. *Mycena lux-coeli*) (Findlay, 1982).

S rozvojem vědeckého poznání, zejména pak v 19. a 20. století, se postupně ustupovalo od mytických aspektů a přecházelo se k cílenému využívání hub ve prospěch člověka, a to i přesto, že byl hlouběji poznáván negativní vliv některých druhů nejen na člověka (houbové choroby, mykotoxiny, alergeny, otravy), ale i na některé jeho činnosti spojené zejména se zemědělstvím (choroby rostlin a zvířat) (Obrázek 0.1). Stále více se ukazovalo, že využití hub v životě a činnostech člověka má větší a větší význam. Jednalo se nejen o dlouhodobě empiricky získané poznatky o kvašení a produkci alkoholu (lihovarnictví, pivovarnictví, vinařství, výroba pečiva), ale i o rozsáhlou problematiku tzv. biotransformací (např. steroidů), využití metabolitů (antibiotika, hormony k ovlivnění růstu rostlin), enzymatickou aktivitu a produkci (sýrašství, industriální enzymy), produkci houbové biomasy (potravinářské kvasinky, mykoproteiny), biologickou kontrolu škůdců (hmyz, háďátka) a patogenů (oomycety, houby) pomocí parazitických hub, využití symbiotických hub a mykorhizy ve školkařství a lesnictví a také o velkovýrobní produkci konzumních hub. Všechny tyto poznatky a činnosti byly postupně transformovány do specifických průmyslových a pěstebních technologií, které vedly k současnému rozsáhlému využití hub a houbových organismů člověkem.



V současné době jsou jednotlivé technologie reprezentovány vysoce specializovanými obory, které jsou velmi často vyučovány a zájemci studovány na různých vysokých školách.

Ve světové i české odborné literatuře je k dispozici spousta publikací a monografií o houbách a houbám podobných organismech, kde se mnohdy stručně pojednává i o jejich praktickém využití v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. Na druhé straně existuje velké množství specializované literatury, která se detailně zabývá „houbovými technologiemi“ v nejrůznějších oblastech potravinářského průmyslu, lékařství, farmacie, biotechnologiích, zemědělství a lesnictví. Dosud však na našem, ale i mezinárodním knižním trhu chyběla publikace, která by kombinovala oba tyto aspekty, tedy biologii hub a jejich biotechnologické a průmyslové využití v jeden kompaktní a integrovaný celek. Právě tato skutečnost vedla k vytvoření této publikace, která se snaží postihnout nejen základní informace a poznatky o biologii, systematice a variabilitě hub, ale i o jejich rozsáhlém využití v současných potravinářských technologiích a biotechnologiích.



**Obr. 0.1** Přehled působení a využití hub a houbových organismů ve vztahu k lidské činnosti (upraveno podle Moss, 1987, překresleno: B. Mieslerová)

Předložená kniha vznikla na základě skript „Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu“ (Mieslerová et al., 2015), které bylo revidováno, opraveno a doplněno o některé recentní poznatky a literaturu. Koncepce této knihy je založena na třinácti kapitolách, z nichž první dvě představují houby *sensu lato* jako biologickou skupinu organismů a uvádějí čtenáře do problematiky biotechnologií. Následujících jedenáct kapitol pak postupně pojednává o principech jednotlivých houbových biotechnologií. Všechny kapitoly jsou doprovázeny řadou přehledných schémat, tabulek a barevných fotografií, které doplňují popisovanou problematiku.

Hlavním posláním této knihy je podat stručnou a věcnou formou základní poznatky ve výše uvedených oblastech. Kniha by měla nejen sloužit jako zdroj poznání všem zájemcům o danou problematiku, ale měla by být i studijní pomůckou studentům středních a vysokých škol zaměřených na biologii, mikrobiologii, biotechnologie, lékařství a farmacii, potravinářství a širokou škálu zemědělských věd, kde mají houby své významné uplatnění. Autoři věří, že kniha bude zajímavým a poučným zdrojem informací v této neobyčejně široké a rozmanité oblasti lidských aktivit a poznání.

V Olomouci 18. června 2016

Aleš Lebeda  
za kolektiv autorů

## Literatura

- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., Blackwell, M. (1996): *Introductory Mycology*, 4th Edition. John Wiley & Sons, New York, USA. ISBN 0-471-52229-5.
- Blackwell M. (2011): The Fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany* 98: 426-438.
- Findlay, W. P. K. (1982): *Fungi: Folklore, Fiction & Fact*. Kingprint, Richmond, UK. ISBN 978-0-85546-200-0.
- Hawksworth D. L. (1991): The Fungal Dimension of Biodiversity: Magnitude, Significance, and Conservation. *Mycological Research* 95: 641–655.
- Kalina T., Váňa J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha. ISBN 80-246-1036-1.
- Mieslerová B., Sedlářová M., Lebeda A. (2015): *Praktické využití hub a houbám podobných organismů v potravinářství, zemědělství, lékařství a průmyslu*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc. ISBN 978-80-244-4703-2.
- Moss, M. O. (1987): Fungal Biotechnology Roundup. *Mycologist* 21: 55–58.



„Biotechnologie je jakákoli technologie, která využívá biologické systémy, živé organismy nebo jejich části k určité výrobě nebo jejich přeměně či jinému specifickému použití.“

(definice OSN v Dohodě o biologické diverzitě, 1993)



# 1 BIOTECHNOLOGIE

## 1.1 Definice biotechnologie

Pojem biotechnologie zahrnuje kombinaci slov „**bios**“ = živý a „**technologie**“ = proces. **Biotechnologie** jsou tedy postupy výroby různých produktů využívající živé organismy a poznatky o jejich metabolismu. Nacházejí uplatnění **v zemědělství, potravinářství, medicíně, průmyslu, energetice a ochraně životního prostředí**. Z ekonomického hlediska je v současnosti nejdůležitější průmyslová mikrobiologie, v popředí s fermentačním (= kvasným) průmyslem.

Podle jiné definice lze biotechnologie popsat jako „použití vědeckých a inženýrských principů při zpracování materiálů biologickými prostředky pro zajišťování zboží a služeb“. Výraz biologické prostředky v tomto pojetí zahrnuje využití buněk mikroorganismů, rostlin a živočichů nebo buněčných součástí.

Biotechnologie lze z časového hlediska rozdělit na **klasické a moderní**. Klasické biotechnologie mají základ v empirii a od počátků lidské společnosti se používají při výrobě různých potravin (kvašené okurky a zelí, mléčné výrobky) a nápojů (víno, pivo). Moderní biotechnologie byly postupně zaváděny od druhé poloviny 20. století v souvislosti s novými poznatky v biologii, biochemii, chemii a genetice, ale i díky rozvoji technických oborů (nové objevy v elektronice, informatice a inženýrství, miniaturizace technických součástí, konstrukce mikroanalytických přístrojů).

## 1.2 Historie biotechnologií

Pro biotechnologie jsou využívány především vývojově nižší organismy (bakterie, mikromycety). Tyto mikroorganismy sloužily člověku dávno předtím, než byla jejich existence potvrzena. **Před devíti tisíci lety** vyráběli staří **Sumerové** pivo zkvašováním cukru v obilí. Před sedmi tisíci lety Akkadové získávali z etanolu pomocí mikroorganismů kyselinu octovou. Egypťané používali před šesti tisíci lety kvasinky k výrobě chleba a ze stejné doby pocházejí i zprávy o výrobě sýrů. Výrobní postupy těchto procesů byly velmi dobře zvládnuty a vysoké reprodukovatelnosti bylo dosaženo i bez znalosti molekulových mechanismů. V minulosti byly tedy biotechnologie spíše řemeslem než aplikací vědeckých poznatků.

Základy **moderních biotechnologií** vycházejí z pokroku **v mikrobiologii, genetice, molekulární biologii a inženýrství**. Za mezníky, které rozvoj biotechnologií ovlivnily, lze považovat začátek studia fermentačních procesů (1697 – G. E. Stahl), potvrzení, že kyselina mléčná vzniká činností mikroorganismů (1857 – L. Pasteur), a konstrukce různých mikroskopů, které umožnily mikroorganismy pozorovat (od 17. století dodnes zdokonalování technik světelné mikroskopie, od 20. století konstrukce elektronových mikroskopů, které umožnily pozorovat viry a DNA). 19. století je spojeno s mohutným rozvojem evropského pivovarnictví; v roce 1816 byla otevřena stavovská inženýrská škola v Praze, v roce 1872 pivovarská škola ve Weiherstephanu (Německo, Bavorsko) a v roce 1883 Výzkumný a vzdělávací pivovarský institut v Berlíně. Na přelomu 19. a 20. století došlo v průmyslových biotechnologických procesech k odklonu od původně dominantního pivovarnictví. Biotechnologie se staly alternativou chemických výrob, začaly se vyrábět organické kyseliny (kyselina mléčná, citronová, máselná). Byly zakládány sbírky čistých mikrobiálních kultur (1884 v Praze, 1906 v Dánsku aj.). V roce 1907 dostal E. Buchner Nobelovu cenu za objev, že kvašení probíhá i bez živých organismů, stačí pouze jejich enzymy. V roce 1914 byla poprvé použita smíšená mikrobiální populace, nazvaná „aktivovaný kal“, pro čištění odpadních vod v Manchesteru.

V roce 1928 A. Fleming objevil penicilín, první antibiotikum vhodné pro humánní medicínu. V následujících desetiletích, paralelně s objevy v biologických disciplínách, probíhal vývoj technických řešení biotechnologických procesů. V roce 1941 H. W. Florey, E. B. Chain a N. Heatley začali s průmyslovou produkcí penicilínu. O další pokrok biotechnologií se zasloužil i objev dvoušroubovicové struktury DNA (1953 – J. D. Watson a F. Crick) a rozluštění genetického kódu, tedy faktu, že charakteristické sekvence tří bází nukleotidů (kodon) determinují každou z 21 biogenních aminokyselin (1966 – M. Nirenberg, S. Ochoa

a H. Khorana). Pokrok v molekulární biologii měl za následek několik významných objevů, např. zmapování genomu řady organismů, úplnou identifikaci sekvencí DNA lidského genomu nebo klonování ovce.

Biotechnologie je stále bouřlivě se rozvíjející vědecko-technickou disciplínou. Její rozvoj je i v současnosti úzce propojen s dalšími obory, především mikrobiologií, genetikou, fyziologií a biochemií, a souvisí s pokrokem biomedicínského inženýrství (Obrázek 1.1).

### 1.3 Hlavní oblasti použití biotechnologií v současnosti

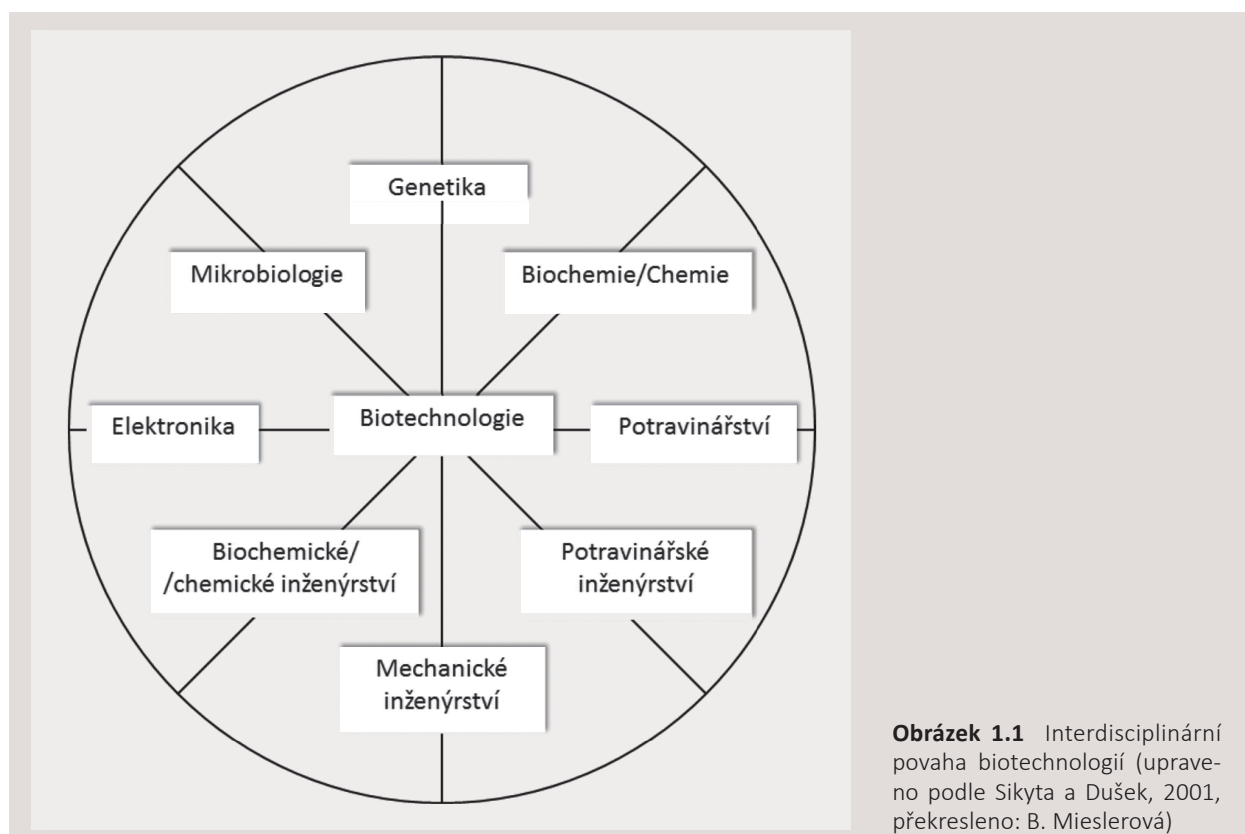
Mezi hlavní oblasti využití biotechnologií patří zemědělství a potravinářský průmysl, chemický průmysl, lékařství a farmaceutický průmysl, ochrana životního prostředí a ostatní průmyslová odvětví a genové inženýrství.

V oblasti **zemědělství** se jedná hlavně o výrobu enzymů, aminokyselin; doplňků krmiv, ochucovadel, nových typů krmných antibiotik; zvyšování odolnosti a výnosu kulturních rostlin, zavádění nových kultivarů plodin, genetické „dopování“ rostlin s cílem snížit nebo úplně odstranit potřebu jejich hnojení, produkce nových typů biopesticidů a vakcín či pokrok v diagnostice chorob.

V **potravinářském průmyslu** se jedná o aplikaci tradičních bioprocusů v pivovarnictví, vinařství, droždářství, sýrařství, výrobu široké škály potravinářských produktů (pečivo, mléčné výrobky, konzervované potraviny), nápojů (pivo, víno, destiláty) a aditiv.

V **chemickém průmyslu** lze biotechnologie využít k výrobě alkoholů, organických kyselin, aminokyselin, nukleotidů, rozložitelných polymerů, k provádění náročných kroků organických syntéz a přeměn labilních meziproductů a výrobě opticky aktivních látek pomocí enzymové katalýzy.

Obrovského rozmachu dosahují biotechnologie v **medicině a farmaceutickém průmyslu** – jedná se o produkci monoklonálních protilátek, očkovacích látek (vakcín), interferonů, peptidových hormonů, bílkovin se specifickými účinky, purifikovaných genů, nových typů antibiotik a o zefektivnění výroby vitamínů a léčiv.



**Obrázek 1.1** Interdisciplinární povaha biotechnologií (upraveno podle Sikyta a Dušek, 2001, překresleno: B. Mieslerová)

V oblasti **ochrany životního prostředí** lze biotechnologie využít ke zpracování a recyklaci městských, průmyslových a zemědělských odpadů, v biologických čistírnách odpadních vod, ke kompostování, produkci bioplynu, kontrole znečištění či odstranění toxických látek z životního prostředí, např. po ekologických haváriích (remediace půdy a vody).

V dalších **odvětvích průmyslu** lze biotechnologie využít k získávání kovů z důlních odpadů a z chudých rud, ke zpracování lignocelulózních odpadů za vzniku nových chemických surovin, nově i pro zajištění surovin (etanolu, metanu a vodíku) k výrobě „zelené energie“.

Díky **genovému inženýrství** můžeme do cílových organismů vnášet vybrané geny izolované z jiných organismů. Takto „geneticky modifikované organismy“ (GMO) s požadovanými vlastnostmi se dnes využívají v medicíně (výroba inzulinu a dalších hormonů), potravinářství (např. rekombinantní chymozin pro výrobu sýrů) nebo zemědělství (*Bt* kukuřice odolná vůči zavíječi, „zlatá“ rýže s obsahem karotenů [proti nemoci beri-beri], rostliny cukrové třtiny tolerantní k mrazu, salátová zelenina nehnědnoucí po poranění [se sníženou produkcí fenolů], sója odolná k herbicidům, banány obsahující dávky vakcín pro děti, skot odolávající vyšším teplotám, nedostatku vody, odolný vůči masařkám atd.).

**Etická stránka** genového inženýrství je v Evropě bouřlivě diskutována, řada odpůrců GMO však nemá dostatečné informace o této problematice a nezná přísné kontrolní mechanismy práce a nakládání s GMO v EU.

## Literatura

- Arora, D. K. (ed.) (2004): Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Mycology Series, vol. 21. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4770-4.
- Arora, D. K. (ed.) (2004): Handbook of Fungal Biotechnology, 2nd Edition. Mycology Series, vol. 20. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4018-1.
- Arora, D. K., Khachatourians, G. G. (eds.) (2004): Applied Mycology and Biotechnology, vol. 4 (Fungal Genomics). Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. ISBN 978-0-444-51642-8.
- Crommelin, D. J. A., Sindelar, R. D., Meibohm, B. (eds.) (2013): Pharmaceutical Biotechnology: Fundamentals and Applications. Springer, New York, USA. ISBN 978-1-4614-6485-3.
- Drobník, J. (2008): Biotechnologie a společnost. Karolinum, Praha. ISBN 978-80-246-1484-7.
- Khachatourians, G. G., Arora, D. K. (eds.) (2001): Applied Mycology and Biotechnology, vol. 1 (Agriculture and Food Production). Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. ISBN 978-0-444-50657-3.
- Kreuzer, H., Massey, A. (2005): Biology and Biotechnology: Science, Applications, and Issues. ASM Press, Washington, D.C., USA. ISBN 1-55581-304-6.
- Sikyta, B., Dušek, J. (2001): Biotechnologie pro farmaceuty. Karolinum, Praha. ISBN 80-246-0211-3.
- Šifner, F. (1998): Vybrané kapitoly z biotechnologií: pro studující učitelství biologie a ekologické výchovy. Karolinum, Praha. ISBN 80-7184-731-3.
- Thieman, W. J., Palladino, M. A. (2014): Introduction to Biotechnology, 3rd Edition. Pearson, India. ISBN 978-9-3325-3506-0.
- Tkacz, J. S., Lange, L. (eds.) (2004): Advances in Fungal Biotechnology for Industry, Agriculture, and Medicine. Kluwer Academic – Plenum Publishers, New York, NY, USA. ISBN 0-306-47866-8.
- Wainwright, M. (1992): An Introduction to Fungal Biotechnology. Wiley Biotechnology Series. John Wiley & Sons, Chichester, UK. ISBN 0-471-93458-5.



# HOUBY A HOUBÁM PODOBNÉ ORGANISMY

# 2



„Houby jsou produktem ďábla, vymyšleným jen proto, aby narušoval harmonii přírody, přiváděl do rozpaků a zoufalství botaniky.“

(botanik L. Vaillant, 1727)

## 2 HOUBY A HOUBÁM PODOBNÉ ORGANISMY

### 2.1 Základní charakteristika a taxonomické zařazení

#### 2.1.1 Stavba stélek hub

Houby jsou organismy **eukaryotické** (mají pravá jádra) a **heterotrofní** (využívají organické látky jako zdroj energie, postrádají plastidy), rozmnožují se výtrusy (sporami). Hlavními **zásobními látkami** jsou **glykogen** (u rostlin je to škrob) a **tuky**. Sacharidy se **transportují** ve formě **alkoholů** a **trehalózy**. V přírodě houby fungují jako **reducenti**, tzn. že převádějí organické látky na anorganické. Podle způsobu výživy se rozdělují na saprotrofy, symbionty (druhy mykorhizní, lichenizované či endofytické) a parazity (obligátní, fakultativní).

Chitin je charakteristickou složkou buněčné stěny pravých hub, ale není přítomen u houbám podobných organismů; někdy je nahrazen celulózou (zástupci říše Chromista), popř. manany.

Houby mohou mít stélky jednobuněčné nebo vícebuněčné, většinou tvořené protáhlými buňkami uspořádanými do vláken nazývaných **hyfy** (Obrázek 2.1). Zvláštním typem mikromycet jsou **kvasinky**, které mají většinou **jednobuněčnou stélku** a rozmnožují se převážně nepohlavně **pučením**. Při tomto procesu se na mateřské buňce vytvoří malý hrbolek, ze kterého se posléze vyvíjí dceřiná buňka. Pupen postupně dorůstá téměř do velikosti mateřské buňky, poté se odškrtí a oddělí. Parazitické druhy kvasinek mohou v průběhu infekce hostitele vytvářet morfologicky odlišné **pseudomycelium**, tj. řetízky za sebou uspořádaných buněk připomínajících hyfy. V rámci systému jsou kvasinky zástupci oddělení Ascomycota nebo Basidiomycota.

Vláknité houby mají stélku tvořenu hyfami, které mohou růst volně propletené v substrátu (vytvářet **mycelium**) nebo tvořit složitější pletiva (**plektenchym**). Hyfy mohou být bez přehrádek (tzv. cénoctické), což je charakteristické pro vývojově starší taxonomické skupiny, nebo rozděleny přepážkami (septy) s póry. Mezi sousedními buňkami v hyfě pak mohou přecházet buď pouze cytoplazma (póry s čepičkou, tzv. parentozóm, u stopkovýtrusých hub), nebo i jádra a další orgány (jednoduché póry u vřeckovýtrusých hub). Hyfy jsou diferencovány na část vegetativní (mycelium) a na část generativní, sloužící k rozmnožování (**konidiofory** či **sporangiofory** nesoucí nepohlavní **spory**, nebo **plodnice** obsahující pohlavní či nepohlavní spory).

Houby se rozmnožují **nepohlavně** (v této fázi je houba označována jako anamorfa) nebo **pohlavně** (teleomorfa). U některých druhů jsou známy oba způsoby rozmnožování, u jiných jen nepohlavní (vegetativní) fáze životního cyklu (Obrázek 2.3). **Nepohlavní rozmnožování** probíhá fragmentací hyf, pučením (u kvasinek) nebo, a to nejčastěji, tvorbou různých typů spor. **Sporangiospory** vznikají uvnitř sporangia, **konidie** na povrchu specializovaného vláknitého nosiče (**konidioforu**). Konidie se mohou tvořit i v nepohlavních plodnicích (**konidiomata**), tj. v **pyknidách** (hruškovité plodnice zanořené v substrátu), **acervulech** nebo **sporodochiích** (povrchové plodnice). **Pohlavní rozmnožování** je složitý proces; nejprve dojde ke splývání dvou buněk (plazmogamii), pak ke splynutí jader (karyogamii) a následuje redukční dělení (meióza). Někdy se k přenosu pohlavně odlišných jader tvoří specializované orgány, souhrnně nazývané **gametangia**.

**Plodnice** jsou útvary specializované k tvorbě (především pohlavně vzniklých) výtrusů u většiny vřeckovýtrusých a stopkovýtrusých hub, u nižších hub většinou chybí (Obrázek 2.1). Plodnice dosahují velikosti od několika desetin milimetru (např. u padlí) až po desítky centimetrů (např. u bedly). Největší plodnice byla nalezena u ohňovce *Fomitiporia ellipsoidea* (Čína, cca 450 kg).

Mezi nejčastější typy pohlavních plodnic u **vřeckovýtrusých hub** (askokarpy, askomata) patří kulovitá **kleistothecia** (či u některých řádů podobná **chasmothecia**) a lahvicovitá **perithecia** (často zanořená do stromatu), většinou mikroskopických rozměrů, a větší tvarově i velikostně rozmanitá miskovitá



**apothecia**, často výrazných barev. Modifikovaná apothecia mají i např. kulinářsky významné druhy hub jako smrže (*Morchella* spp.) či lanýže (*Tuber* spp.). **Vřečka** obsahující askospory jsou v askokarpu buď nepravidelně rozmístěna, nebo uspořádána v **hymeniu** (výtrusorodé vrstvě), kde je mohou oddělovat sterilní vlákna, tzv. **parafýzy**.

Plodnice **stopkovýtusých hub** (bazidiokarpy, bazidiomata) nesou v hymeniu **bazidie**, buňky s výtrusy, tzv. **bazidiosporami**. Jejich tvar, velikost i barva mohou být proměnlivé podle podmínek prostředí. Velmi často jsou rozlišeny na **klobouk** a **třeň** (středový, postranní nebo může chybět). Pokud hymenium pokrývá celý povrch plodnice, jako např. u kuřátek (*Ramaria* spp.), plodnice se označuje jako **holothecium**. Častěji však hymenium pokrývá jen rourky, lupeny, lišty či trny na spodní straně klobouku, jako např. u chorošů (**krustothecium**) nebo hřibů (**pilothecium**). Některé stopkovýtusé houby (např. pýchavky) mají uzavřenou plodnici s výtrusy uvnitř tzv. **gleby**, která obsahuje i kapilicium, charakteristické vlášení. Povrch takovéto plodnice je pokryt vícevrstevným obalem, tzv. **peridií** (okrovkou).

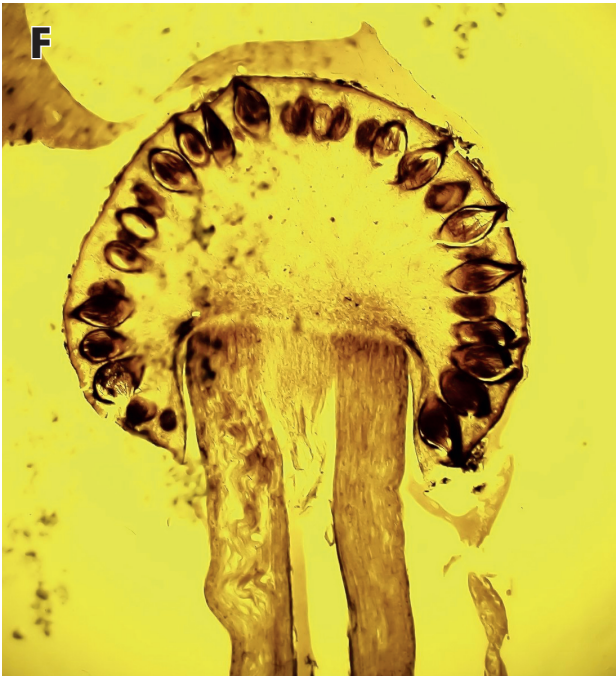
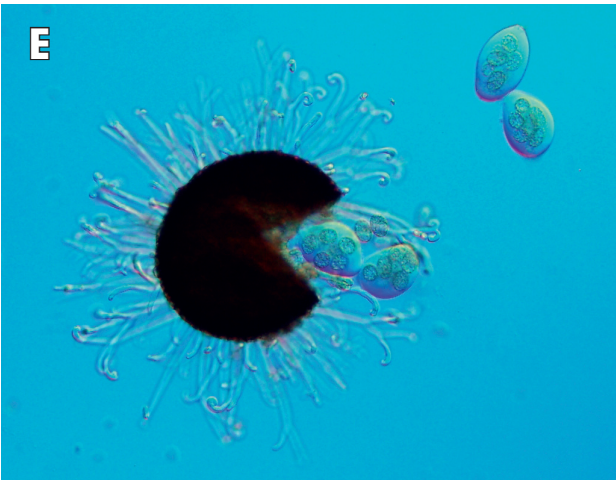
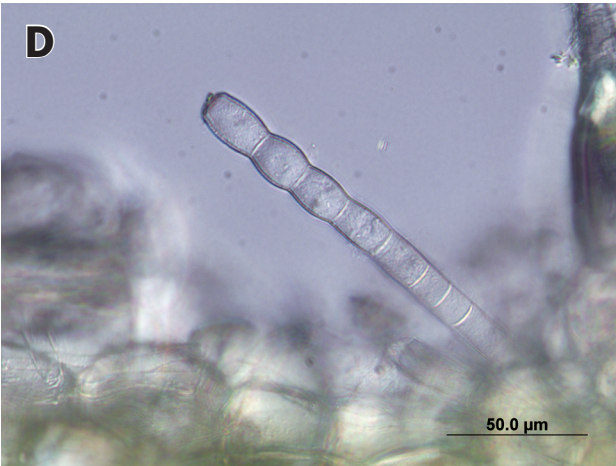
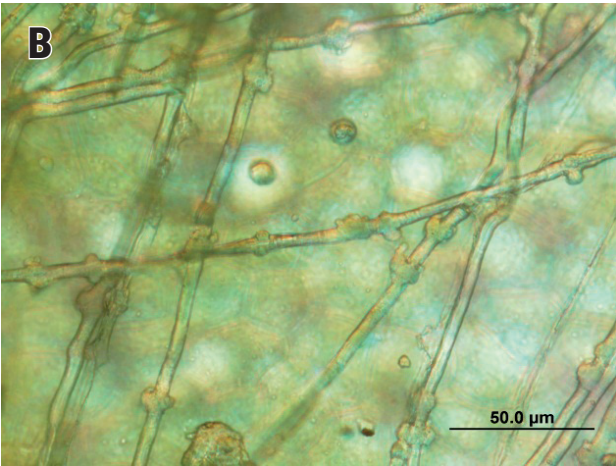
Hyfy hub mohou být různě modifikovány. Např. houby parazitující na rostlinách tvoří na povrchu orgánů hostitele tzv. terček (**apresorium**), z něhož pak proniká do buňky tenká penetrační hyfa (hrot). V pletivech hostitele se často vytvářejí tzv. **haustoria**, hyfy specializované k čerpání živin z živých buněk. U václavky (*Armillaria* spp.) a některých dalších druhů vznikají srůstem hyf **rhizomorfy**, černé provazčité útvary sloužící k vedení živin. Podhoubí také může srůst v měkký kompaktní útvar zvaný **syroccium**, kožovitý povlak známý u dřevokazných hub. Některé druhy vytvářejí tmavá tvrdá **sklerocia**, odpočinkové (dormantní) útvary s tukovými zásobami. Příkladem je námel u paličkovice nachové (*Claviceps purpurea*) či mikro-sklerocia u smržů (*Morchella* spp.). Pro vřekovýtusé houby jsou charakteristická kompaktní **stromata**, útvary chránící v nich zanořené drobné plodnice (perithecia či pyknidy).

### 2.1.2 Taxonomické zařazení hub a houbám podobných organismů

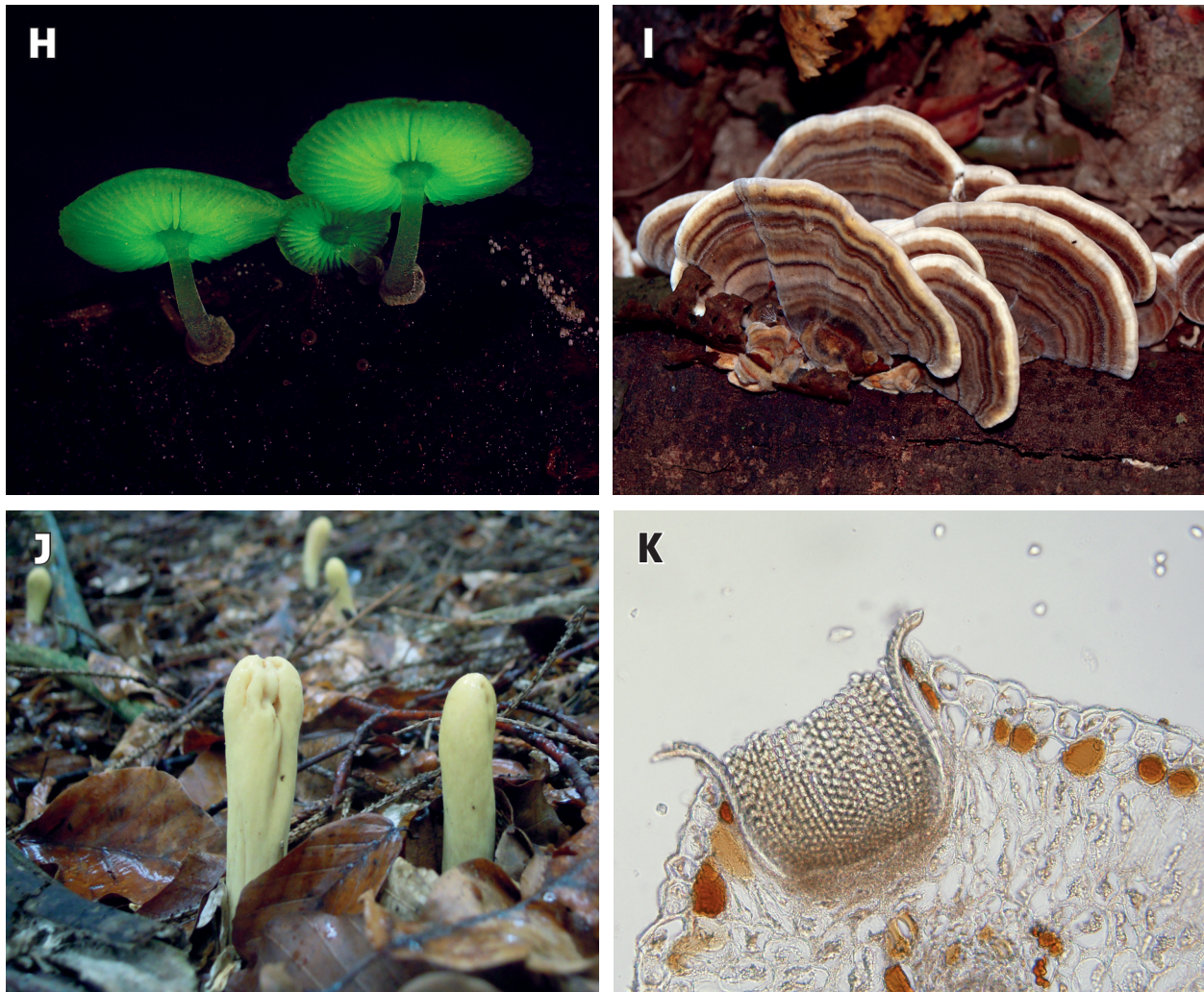
Houby (jejich charakteristika je uvedena dále v textu) náleží do stejnojmenné říše **Fungi**. Houbám podobné organismy, které byly dlouhodobě považovány za houby (a studovány mykology), byly dříve řazeny do říší **Protozoa** (akrázie, hlenky a nádorovky) a **Chromista** (oomycety). Heterogenní říše Protozoa se však záhy rozpadla a akrázie byly vyčleněny do říše **Excavata**, hlenky do říše **Amoebozoa** a nádorovky do říše **Rhizaria** (Tabulka 2.1). V nejnovější literatuře se však můžeme také setkat se zařazením nádorovek a oomycetů do rozsáhlé fylogenetické větve **SAR** (Stramenopila, Alveolata, Rhizaria).

Z organismů, které lze označit za houbám podobné, jsou asi nejvýznamnější **hlenky**, zástupci saprotrofní skupiny **Myxomycota** (nyní náležející do říše **Amoebozoa**). Hlenky v životním cyklu střídají fázi vegetativní, kdy jednotlivé buňky tvoří pohyblivé shluky (plazmodia) a vyživují se holozoicky (pohlcováním), a fázi tvorby makroskopické plodnice s výtrusy. V přírodě je velmi nápadná žlutým zbarvením slizovka tříslivá (*Fuligo septica*). Další houbám podobné organismy jsou biotrofně parazitické **nádorovky** (**Plasmodiophoromycota**), řazené do říše **Rhizaria**, které zoosporami infikují hostitele a vytvářejí mnohoaderné útvary podobné plazmodiím a spory uvnitř buněk hostitelských organismů, většinou rostlin. Nejznámější a z hospodářského hlediska nejvýznamnější je nádorovka kapustová (*Plasmodiophora brassicae*).

**Říše Chromista** (též **Stramenopila** či v širším pojetí **Chromalveolata**) je dnes spolu s organismy říše Rhizaria řazená též do **fylogenetické větve SAR**. Zahrnuje organismy, které mohou obsahovat plastidy (některé druhy řas, např. různobrvky), i organismy morfologicky velice podobné houbám. Jejich společným znakem je přítomnost celulózy v buněčné stěně a přítomnost vlášení (mastigonemat) alespoň na jednom bičíku. Ze zástupců této říše je nejvýznamnější skupina **Oomycota** (**houby vaječné**), která zahrnuje mikroskopické zástupce, z nichž se rekrutují nejzávažnější původci chorob rostlin (např. plíseň bramborová [*Phytophthora infestans*] či vřetenatka révová [*Plasmopara viticola*]), ale např. i mykoparazitická řasovka *Pythium oligandrum*, nesprávně označovaná jako „chytrá houba“.







**Obrázek 2.1** Vybrané morfologické struktury hub: (A) pseudomycelium kvasinek v parazitické fázi životního cyklu; (B) hyfy padlí (*Erysiphe euonymi*); (C) sporangiofory kropidlovce černavého (*Rhizopus stolonifer*); (D) konidiofor padlí (*Golovinomyces orontii*); askokarpy – (E) chasmothecium padlí javorového (*Sawadaea tulasnei*), (F) perithecia paličkovice nachové (*Claviceps purpurea*) zanořená do stromatu, (G) apothecia ohnivce rakouského (*Sarcoscypha austriaca*); bazidiokarpy – (H) ve tmě fluoreskující pilothecium helmovky (*Mycena chlorophos*), (I) krustothecium outkovky pestré (*Trametes versicolor*), (J) holothecium kyje jazýčkovitého (*Clavariadelphus ligula*), (K) řez mikroskopickou plodnicí rzi *Uromyces* sp. – jarní ložisko aecium. Foto: M. Sedlářová (A, C–E, G, J–K), B. Mieslerová (B, I), T. Hyráková (F), Z. Egertová (H)

Vlastní říše **Fungi (houby)** je poměrně kompaktní; zahrnuje organismy, jejichž buněčná stěna obsahuje převážně chitin, a pokud jejich spory tvoří bičíky (pouze skupina Chytridiomycota), tak vždy bez vlášení. V současnosti se tato říše dělí do několika oddělení, ale v taxonomickém pojetí jednotlivých skupin stále dochází ke změnám.

Pro **houby buněkotvaré** (odd. **Chytridiomycota**) je charakteristická mikroskopická stélka (jednobuněčná nebo vláknitá) a rozmanité rozmnožování, které zahrnuje i tvorbu spor s bičíky, tzv. zoospor. Zástupci jsou vázáni na vodní nebo vlhké prostředí, někteří způsobují choroby rostlin, např. rakovinovec bramborový (*Synchytrium endobioticum*), či choroby obratlovců (žab), např. *Batrachochytrium dendrobatidis*.

**Mikrosporidie** (odd. **Microsporidiomycota**) byly dlouho považovány za prvoky díky améboidním buňkám bez stěny. Jsou to vnitrobuněční parazité zejména hmyzu, některé druhy mohou napadat i člověka. Hospodářsky významná je hmyzomorka včelí (*Nosema apis*).

**Houby spájkivé** (odd. **Zygomycota**) se také vyznačují mikroskopickou, i když již převážně vláknitou stélkou, mají většinou nepřehrádkované mnohojaderné mycelium. Nepohlavně se množí tvorbou sporangiospor ve sporangíích. Při pohlavním procesu tvoří zygosporangium. Mnoho z nich se podílí na rozkladu potravin a organických substrátů, nejznámějšími zástupci jsou plíseň hlavičková (*Mucor mucedo*) a kropidlovec

černavý (*Rhizopus stolonifer*). Nověji se z této skupiny vyděluje samostatné oddělení **Glomeromycota**, zahrnující převážně druhy, které se podílejí na arbuskulární mykorhizní symbióze s vyššími rostlinami.

**Vřeckovýtrusé houby** (odd. **Ascomycota**) mají pohlavní rozmnožování založeno na tvorbě vřecka (askus) se 2–8 askosporami. Zástupci jsou jednak mikroskopické vláknité houby, které mohou buď rozkládat organický materiál (*Penicillium*, *Aspergillus*), nebo způsobovat choroby rostlin (padlí), jednak houby s makroskopickými plodnicemi (např. smrže [*Morchella* spp.], lanýže [*Tuber* spp.]), z nichž některé jsou kulinářsky významné. Spadá sem většina lichenizovaných hub, které tvoří symbiózu s řasami a/nebo sinicemi za vzniku lišejníku, a většina kvasinek (významný je rod *Saccharomyces*).

Nejznámější skupinou hub jsou **stopkovýtrusé houby** (odd. **Basidiomycota**), pro jejichž rozmnožování je typická tvorba bazidie (stopky), na jejímž povrchu se na stopečkách (sterigmatech) tvoří bazidiospory. Zástupci většinou tvoří v přírodě nápadné makroskopické plodnice. Do této skupiny patří běžné jedlé i jedovaté houby (žampiony [*Agaricus* spp.], muchomůrky [*Amanita* spp.], hříby [*Boletus* spp.], holubinky [*Russula* spp.]), houby dřevokazné (lidově označované jako „choroše“), ale i některé mikroskopické houby, způsobující závažné choroby rostlin (rzi, sněti). Ve starší literatuře se můžeme setkat s umělou taxonomickou skupinou **Deuteromycota** (Fungi imperfecti), kam byly řazeny nepohlavně se rozmnožující houby. V současné „molekulární éře“ však byli její zástupci rozřazeni do stávajících skupin (většinou do oddělení **Ascomycota**, ojediněle i do **Basidiomycota**) a skupina ztrácí svůj taxonomický význam.

**Tabulka 2.1** Srovnání dvou v současnosti nejznámějších systémů hub a houbám podobných organismů (upraveno podle Kalina a Váňa, 2005)

Říše – systém dle Cavalier-Smith (1998)	Charakteristika	Oddělení	Říše – systém dle Adl et al. (2005, 2012)
<b>Protozoa (prvoci)</b>	Jednobuněčné, plazmodiální organismy bez buněčných stěn v trofické fázi, bičíky (pokud jsou přítomny) nemají tuhá mastigonemata (vlášení)	<b>Acrasiomycota</b>	<b>Excavata</b>
		<b>Myxomycota</b>	<b>Amoebozoa</b>
		<b>Plasmodiophoromycota</b>	<b>Rhizaria</b>
<b>Chromista (syn. Stramenopila)</b>	Jednobuněčné nebo vláknité organismy, buněčná stěna tvořena převážně celulózou, pokud jsou přítomny bičíky, alespoň jeden je s tuhými mastigonematy	<b>Labyrinthulomycota</b>	<b>Chromalveolata</b>
		<b>Oomycota (syn. Peronosporomycota)</b>	
		<b>Hyphochytriomycota</b>	
<b>Fungi (houby)</b>	Jednobuněčné nebo vláknité organismy (hyfy mohou tvořit mycelium, plektenchym, pseudoparenchym), buněčná stěna je tvořena převážně chitinem a β-glukanem, bičíky (pouze u Chytridiomycota) nemají mastigonemata	<b>Chytridiomycota</b>	<b>Opisthokonta</b>
		<b>Microsporidiomycota</b>	
		<b>Zygomycota</b>	
		<b>Glomeromycota</b>	
		<b>Ascomycota</b>	
		<b>Basidiomycota</b>	

## 2.2 Ekologické a trofické skupiny hub

Houbové organismy mohou být rozděleny na dvě hlavní ekologické skupiny: **saprotrofové** získávají živiny z mrtvého materiálu a **symbionti** získávají živiny z živých organismů, buď mutualisticky, nebo paraziticky. V **mutualistické symbióze** mají prospěch ze soužití jak houba, tak další organismus, příkladem je lichenismus nebo mykorhiza. V **parazitické symbióze** má prospěch pouze parazit, ale už ne partnerský organismus. Nutno poznamenat, že mnohdy je hranice mezi těmito dvěma kategoriemi nezřetelná a přechod z jedné do druhé ovlivňuje fyziologický stav partnerů a podmínky prostředí. Odhaduje se, že

cca 2–3 % druhů hub je **patogenních**, tj. významně narušují metabolismus svých hostitelů (**parazitický patogenismus**) nebo sousedících organismů (**neparazitický patogenismus**) a vedou k projevům (symp-tomům) choroby.

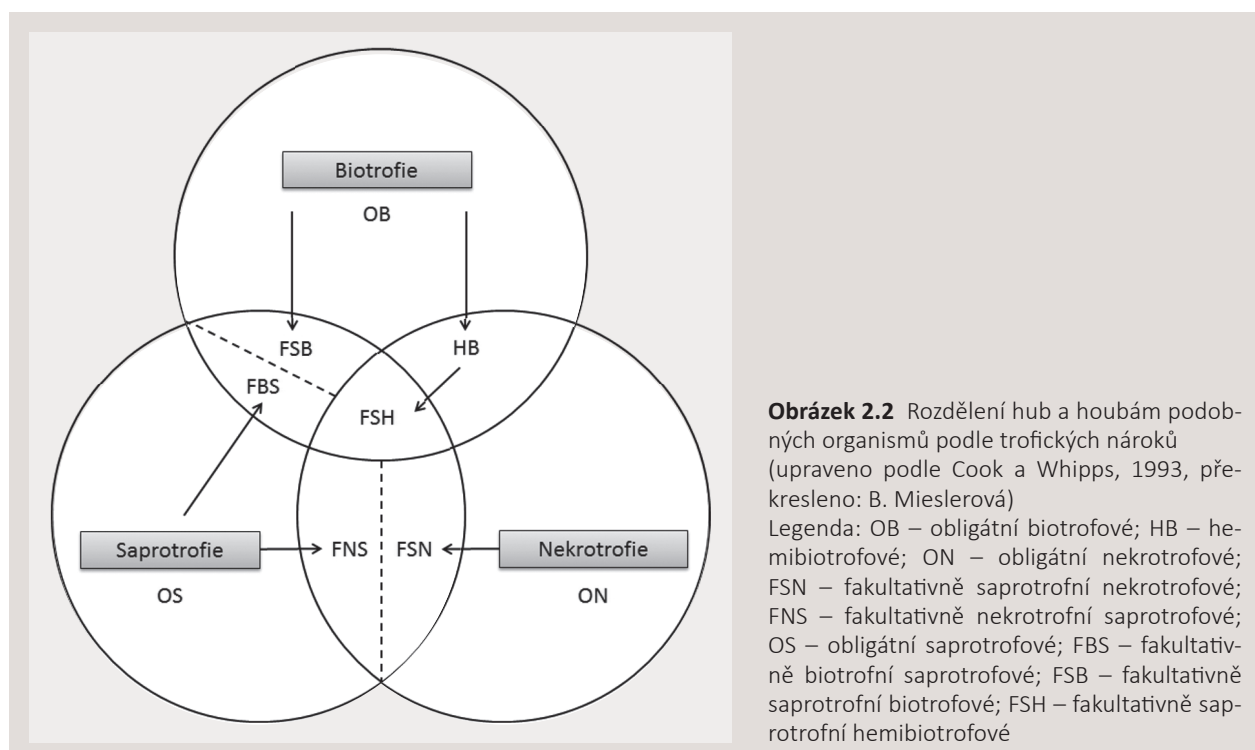
Podle nutričních nároků se houbové organismy rozdělují do kategorií, které se s ekologickými skupinami částečně překrývají. Podle nároků na výživu rozlišujeme: 1/ **biotrofy** získávající živiny z živých těl rostlin, živočichů nebo hub, 2/ **nekrotrofy**, kteří se vyskytují na živých organismech, ale pomocí toxinů živé buňky usmrcují, aby z nich mohli získat živiny, 3/ **saprotrofy**, kteří se živí organickými zbytky. V přírodě jsou organismy přesně zapadající do těchto daných kategorií vzácnější, daleko častěji jsou přítomny různé přechodné a kombinované formy (Obrázek 2.2).

Skupina **obligátních biotrofů** je poměrně rozsáhlá a zahrnuje hlavně zástupce škodlivých patogenů rostlin. Typická je pro ně vysoká specializace – vazba na konkrétní hostitelský druh, rod nebo skupinu hostitelů. Hlavním znakem obligátních biotrofů je naprostá závislost na živých buňkách hostitele, a proto je téměř nemožné je udržovat v axenické (umělé) kultuře. Hlavním obranným mechanismem hostitelů je programovaná buněčná smrt infikovaných buněk, u rostlin označovaná jako hypersenzitivní reakce, která se projevuje nekrotizací. Do této skupiny můžeme zařadit z hub např. padlí (řád Erysiphales), sněti (řád Ustilaginales) a rzi (řád Uredinales) a z oomycet např. pravé plísně (řád Peronosporales).

**Obligátní nekrotrofové** rychle zabíjejí hostitelské buňky svými toxiny, ale nežijí jako saprotrofové. V již mrtvých pletivech hostitele pouze přežívají ve formě sklerocií nebo rhizomorf. Obligátní nekrotrofové napadají poměrně široké spektrum hostitelů a lze je snadno pěstovat v axenické kultuře. Mezi typické zástupce patří hlízenky (*Sclerotinia* spp.).

**Obligátní saprotrofové** získávají živiny rozkladem jednoduchých cukrů i složitějších komplexů (celulóza, chitin, keratin) z organických zbytků, ale nejsou schopni nekrotrofního ani biotrofního způsobu výživy. Tyto organismy lze bez problémů kultivovat v axenické kultuře. Mezi typické zástupce patří např. koprofilní houby – hnojníky (*Coprinus* spp.) a kropenatce (*Panaeolus* spp.) nebo keratinofilní kaziroh koňský (*Onygena equina*).

Mezi výše zmíněnými hlavními skupinami existuje i řada přechodných kategorií, např. **hemibiotrofové**, kteří se během svého vývoje vyznačují výživou jak biotrofní, tak nekrotrofní, např. *Venturia inaequalis*,





původce strupovitosti jabloní, nebo plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*). Téměř nejběžnějším přechodným typem jsou **fakultativně saprotrofní nekrotrofové**, kteří podle potřeby dovedou přecházet mezi saprotrofní i nekrotrofní výživou a mají široké spektrum hostitelů. Můžeme sem zařadit např. zástupce rodů *Aspergillus* a *Penicillium* nebo plíseň šedou (*Botrytis cinerea*).

Přechod mezi saprotrofií a biotrofií (**fakultativně saprotrofní biotrofové**) je spíše okrajovou strategií, kdy v určité části života jsou houby schopny biotrofního způsobu výživy a v další části saprotrofního. Často se to týká patogenů, kteří během životního cyklu střídají dvě fáze; monokaryotní mycelium reprezentuje saprotrofní a dikaryotní mycelium biotrofní fázi. Typickým příkladem je kadeřavka broskvoňová (*Taphrina deformans*).

## 2.3 Výživa hub

Houby potřebují pro svůj růst vhodné organické látky jako zdroj uhlíku, organický nebo anorganický zdroj dusíku, určité anorganické ionty, růstové faktory organického původu, vodu a ve většině případů kyslík.

Požadavky hub na **organický zdroj uhlíku** jsou rozmanité, převažují cukry (sacharidy), a to jak jednoduše využitelné mono-, di- a trisacharidy, tak složitější oligosacharidy a polysacharidy (např. škrob, inulin, celulóza, hemicelulóza, chitin, pektinové látky). Z méně často zastoupených látek lze jmenovat nižší alifatické alkoholy (metanol, etanol), cukernaté alkoholy (glycerol), organické kyseliny, mastné kyseliny, aminokyseliny, ale i poměrně složitě víceuhlíkaté uhlovodíky, aromatické sloučeniny, lignin a keratin.

Co se týče zdrojů **dusíku**, houby neumí fixovat vzdušný dusík a potřebují jej přijímat v anorganické formě (amoniové soli) nebo v organické formě (aminokyseliny).

Z anorganických zdrojů dusíku je nejčastěji využíván síran amonný nebo amoniak, který se uvolňuje při rozkladu rostlinných nebo živočišných zbytků. Mnoho hub také může růst na nitrátech (dusičnany). Část hub využívá jako zdroje dusíku aminokyseliny (např. kyselina glutamová, asparagin), aminy (obsahují funkční skupinu  $-NH_2$ ) nebo amidy (obsahují funkční skupinu  $-CONH_2$ ). Využívání močoviny je běžné u vláknitých hub a některých kvasinek ze skupiny vřecokvůtrných hub, které jsou proto nazývány ureasa pozitivní (na rozdíl od ureasa negativních kvasinek). Organické sloučeniny jako např. peptony mohou houbám sloužit jako zdroje dusíku i uhlíku.

Z **anorganických sloučenin** jsou pro vývoj hub nutné draslík, fosfor (ve formě fosfátů), hořčík a síra (ve formě sulfátů). Vhodným zdrojem jsou např.  $MgSO_4$  a  $K_3PO_4$ . Vzácněji některé houby využívají vápník a sodík (mořské ve formě NaCl). Kovy jako železo, zinek, měď, mangan a molybden jsou mikroelementy potřebné ve stopových množstvích jako kofaktory enzymů.

**Organické růstové faktory** zahrnují hlavně vitamíny. Některé houby jsou kompletně soběstačné a nepotřebují žádné vitamíny. Jiné druhy potřebují vnější zdroje jednoho nebo více vitamínů, hlavně thiamin (vitamín  $B_1$  – důležitý pro metabolismus dusíku), biotin ( $B_7$ ), riboflavin ( $B_2$ ), pyridoxin ( $B_6$ ), kyselinu nikotinovou ( $B_3$ ) a další. Některé houbové organismy mají specifické nároky, např. houbám podobné organismy z odd. Oomycota potřebují ke svému růstu steroly.

Na základě **potřeby kyslíku** pro růst se houby rozdělují následovně. **Obligátní aerobové** rostou pouze v aerobních podmínkách a zahrnují většinu hub. **Fakultativní aerobové** rostou v aerobních podmínkách, ale také bez kyslíku, kdy fermentují cukry (*Fusarium oxysporum*, *Mucor hiemalis*, *Aspergillus fumigatus*, některé kvasinky). **Obligátně fermentativní** jsou druhy, kterým chybí mitochondrie; i když mohou růst v prostředí s kyslíkem i bez kyslíku, tak vždy získávají energii fermentací (někteří vodní zástupci odd. Oomycota a Chytridiomycota). Nejméně frekventovanou skupinou mezi houbami jsou **obligátní anaerobové**, jejichž somatické buňky v kyslíkatém prostředí odumírají (někteří zástupci odd. Neocallimastigomycota [někdy uváděno jako součást odd. Chytridiomycota] žijící v trávicím traktu přežvýkavců).

## 2.4 Genetika hub

### 2.4.1 Struktura a organizace houbového genomu

Genom houbových organismů má několik složek, a to jadernou DNA, mitochondriální DNA, plazmidy a geny mykovirů.

**Jaderná DNA** je tvořena chromozomy v různém počtu, zastoupenými v různé ploidii (počet jednotlivých sádek chromozomů). Je zajímavé, jak velkou variabilitu v ploidii najdeme u houbových organismů. Vegetativní hyfy většiny hub jsou **haploidní** (všichni zástupci Zygomycota a Ascomycota mají prodlouženou a dominantní vegetativní haplofázi). Některé kvasinky jsou převážnou část životního cyklu diploidní. U skupiny Oomycota jsou běžné **diploidie** a **polyploidie**, čímž se podobají rostlinám a živočichům, kteří jsou somatičtí diploidi.

Některé druhy hub mohou alternovat mezi haploidní a diploidní somatickou fází (tzv. **rodozměna**, Chytridiomycota). Část životního cyklu některých hub (Ascomycota, Basidiomycota) je **dikaryotická**, tj. buňky hyf obsahují dvě kompatibilní jádra, která tvoří pár – „dikaryon“. Prakticky to znamená, že **karyogamie** (splývání jader) nenásleduje okamžitě po **plazmogamii** (splývání hyf). Životní strategie hub se může lišit v jejich monokaryotické a dikaryotické fázi (např. *Taphrina* spp.).

**Mitochondriální DNA (mtDNA)** je malá kruhová molekula DNA obsažená v mitochondriích. Velikost mitochondriálního genomu je asi 19–121 kbp. Mitochondriální DNA kóduje složky elektronového transportního řetězce (podjednotky ATP-syntasy, NADH dehydrogenasy a cytochromoxidas) či ribozomální a transferovou RNA, využívané při transkripci a translaci v mitochondriích. U některých hub (např. *Neurospora*) má velký význam, že již jednoduchá mutace mtDNA může vést k zestárnutí a úhynu celé kolonie.

**Plazmidy** jsou kruhové molekuly DNA se schopností autonomně se replikovat v buňce. Plazmidy nebo plazmidům podobné části DNA jsou nacházeny v cytoplasmě či jádře u několika druhů hub. Mají velké využití při sestavování vektorů pro klonování genů (např. *Saccharomyces cerevisiae*). Mnoho dalších plazmidů hub se nachází v mitochondriích (kruhové molekuly DNA s malou nebo žádnou homologií ke genomu mitochondrií). Ani jejich funkce není známá.

**Houbové viry** (a částice podobné virům, VLP) byly objeveny u několika druhů houbových organismů, zahrnujících zástupce všech hlavních skupin hub i odd. Oomycota. Mykoviry se skládají z lineární či kruhové dvouvláknové nebo jednovláknové RNA a kapsidy obsahující jeden hlavní polypeptid. Nově byl ze *Sclerotinia sclerotiorum* izolován virus s kruhovou jednovláknovou DNA. Nejlépe prozkoumané jsou viry u komerčně pěstovaných druhů hub, kde mohou způsobovat redukovaný růst (*Oyster mushroom virus I a II* u hlívy ústříčné) nebo např. deformace a znehodnocení plodnic u žampionů (několik virů u *Agaricus bisporus*, které způsobily epidemie v holandských pěstírnách v letech 1966–1969).

### 2.4.2 Zdroje genetické variability hub

#### 2.4.2.1 Pohlavní variabilita

**Sexualita** je hlavní mechanismus vzniku **genových rekombinantů**. Párování rodičovských chromozomů během meiózy vede k mnohonásobnému „crossing-overu“ (tvorba překřížení DNA). Nezávislé kompletování homologních chromozomů (segregace) od dvou různých rodičů má za následek, že jednotlivá dceřiná haploidní jádra mohou obsahovat různé chromozomy od obou rodičů. U hub rozlišujeme druhy:

1. **homothalické**, u kterých dochází k sexuální reprodukci (interakci mezi pohlavními orgány či buňkami) v rámci jednoho jedince, a
2. **heterothalické**, které potřebují dvě geneticky odlišná, ale kompatibilní mycelia, která se musí setkat, aby došlo k sexuální reprodukci.

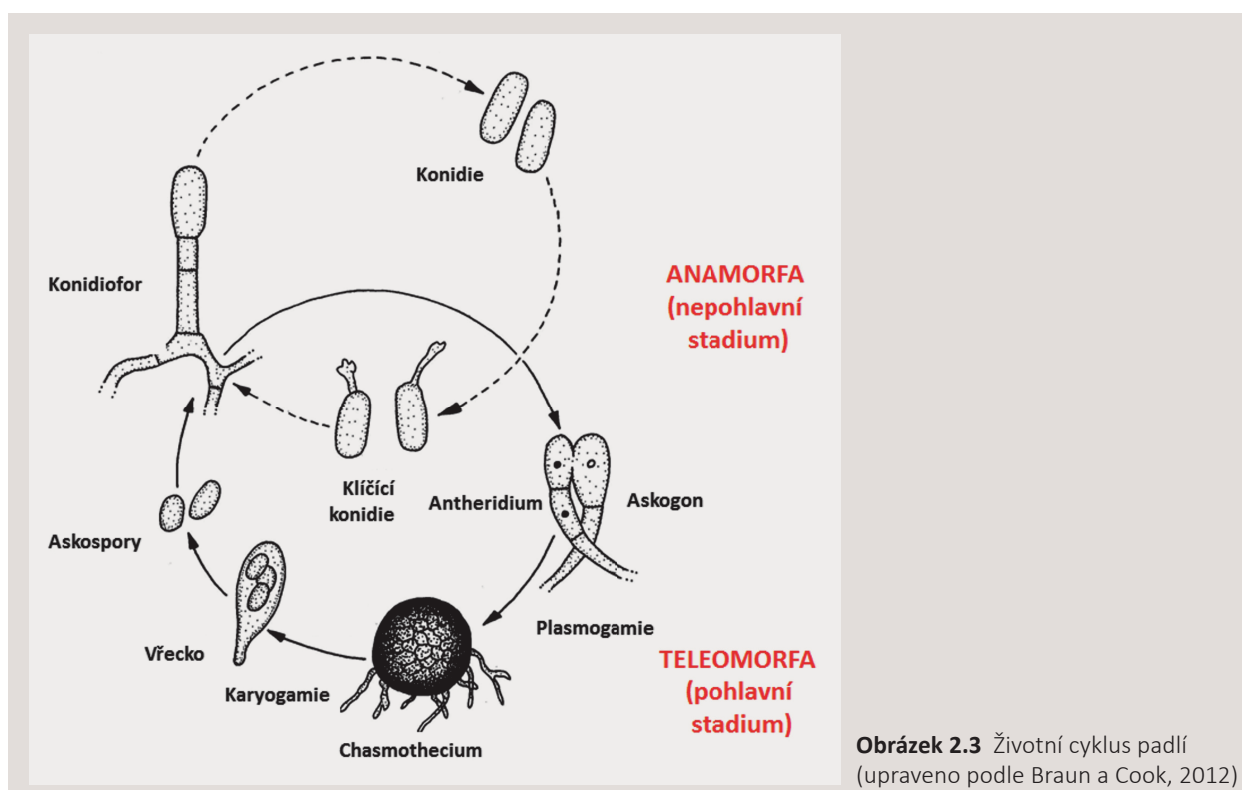
### 2.4.2.2 Nepohlavní variabilita

Hlavním zdrojem nepohlavní variability u hub jsou **mutace**, tj. spontánní dědičná změna genetické informace organismu (např. adice, delece, substituce, inverze). Lze je záměrně vyvolat působením mutagenních činidel (chemických látek, UV a rentgenového záření) na hyfy, spory nebo protoplasty hub. Většina dnes průmyslově pěstovaných hub byla vyšlechtěna pomocí mutací. Podařilo se např. získat mutantní kmen hlívy ústříčné, který neprodukuje spory, a tak se omezily alergie u pracovníků pěstíren. Každá mutace může vést ke zvýšení nebo snížení fitness organismu. Mutace, které vzniknou v **haploidním organismu**, se snadno dostávají (exprimují) do fenotypu. Přirozená selekce je důraznější a okamžitě se projeví, na rozdíl od diploidních organismů. Haploidní organismus nemůže akumulovat mutace, které nemají okamžitý význam, a nemohou tak uchovávat variabilitu. U **diploidního organismu** jsou mutace často recesivní u planých typů, a tak se nemusí okamžitě projevit, místo toho se akumulují a mohou být rekombinovány různými způsoby během sexuálního rozmnožování. Selektce, ať už pozitivní nebo negativní, se uplatňuje ve stabilizaci mutací.

Dalším významným zdrojem nepohlavní variability hub je **parasexualita**. Jedná se o alternaci pohlavní rekombinace bez pohlavního rozmnožování. Je typická pro některé zástupce vřeckovýtusých hub, které se rozmnožují nepohlavně. Parasexuální cyklus má čtyři fáze:

1. vytváření anastomóz u sousedních somatických hyf, výměna jader a vytvoření heterokaryonu,
2. fúze geneticky rozdílných jader ve vegetativní hyfě a vytvoření somatického diploida,
3. somatická rekombinace (mitotický „crossing-over“) – výsledkem je vznik chromozomů, které jsou hybridy rodičovských chromozomů,
4. ne-meiotická redukce takového jádra za pomoci aneuploidie (ztráta individuálních chromozomů) vedoucí ke vzniku haploidního stavu.

Celá tato sekvence událostí je velice vzácná, je spíše výsledkem **náhodných změn** (není tak kontrolovaným procesem, jako je pohlavní cyklus včetně meiózy) a proběhne ve frekvenci méně než jedna z milionu ( $10^{-6}$ ). Přesto může vzniklá anamorfa produkovat obrovský počet konidií, a tak rychle zvýšit své zastoupení v populaci. Proto má parasexualita velký význam pro zvýšení genetické variability hub.



Obrázek 2.3 Životní cyklus padlí (upraveno podle Braun a Cook, 2012)



Význam parasexuality doposud nebyl zcela objasněn. Není úplně jasné, proč některé vřeckovýtusé houby opustily účinný mechanismus sexuální genetické rekombinace ve prospěch daleko více nahodilého a zdánlivě méně účinného procesu. Některé z těchto hub mají nefunkční geny pro pohlavní proces, čímž odpadá náročná investice energie do tvorby specializovaných plodnic. Výhodou je i to, že k parasexuálnímu procesu dochází v jakékoli fázi somatického růstu a není potřeba žádných zvláštních předpokladů, jako je tomu u pohlavní fáze.

## 2.5 Příklady biotechnologicky významných hub

### 2.5.1 Vlákňité houby

Mezi nejvýznamnější vlákňité houby využívané v biotechnologiích patří celosvětově rozšíření zástupci rodu *Penicillium*. Tento rod, podle tvaru konidioforu česky nazývaný štětičkovec (Obrázek 2.4), je zařazován do řádu Eurotiales, odd. Ascomycota. Někteří zástupci se používají k výrobě sýrů (*P. roqueforti*, *P. camemberti*) či salámů (*P. nalgiovense*, *P. chrysogenum*). Patrně nejvýznamnějším přínosem je produkce antibiotik, penicilínu (*P. chrysogenum*) a griseofulvinu (*P. griseofulvum*). Na druhou stranu existují druhy patogenní na citrusech (*P. italicum*) či na kůži člověka (*P. marneffeii*).

*Aspergillus* (kropidlák) je příbuzný rod z řádu Eurotiales, s více než 360 známými druhy, které se vyskytují na různých substrátech. Druhy rodu *Aspergillus* produkují různé enzymy a organické kyseliny, které se využívají v biotechnologiích, např. k výrobě kyseliny citronové a glukonové z *A. niger*. Spory *Aspergillus* spp. se často vyskytují ve vzduchu, odkud mohou kontaminovat potraviny. Např. *A. flavus* vylučuje mykotoxin **aflatoxin** (jeden z nejsilnějších karcinogenů v přírodě); kontaminované potraviny jsou pro spotřebitele zdravotně závadné. V humánní medicíně jsou některé druhy známé jako původci aspergilózy (nejčastěji *A. fumigatus*, *A. terreus*, *A. flavus*, *A. niger*) u pacientů s oslabenou imunitou.

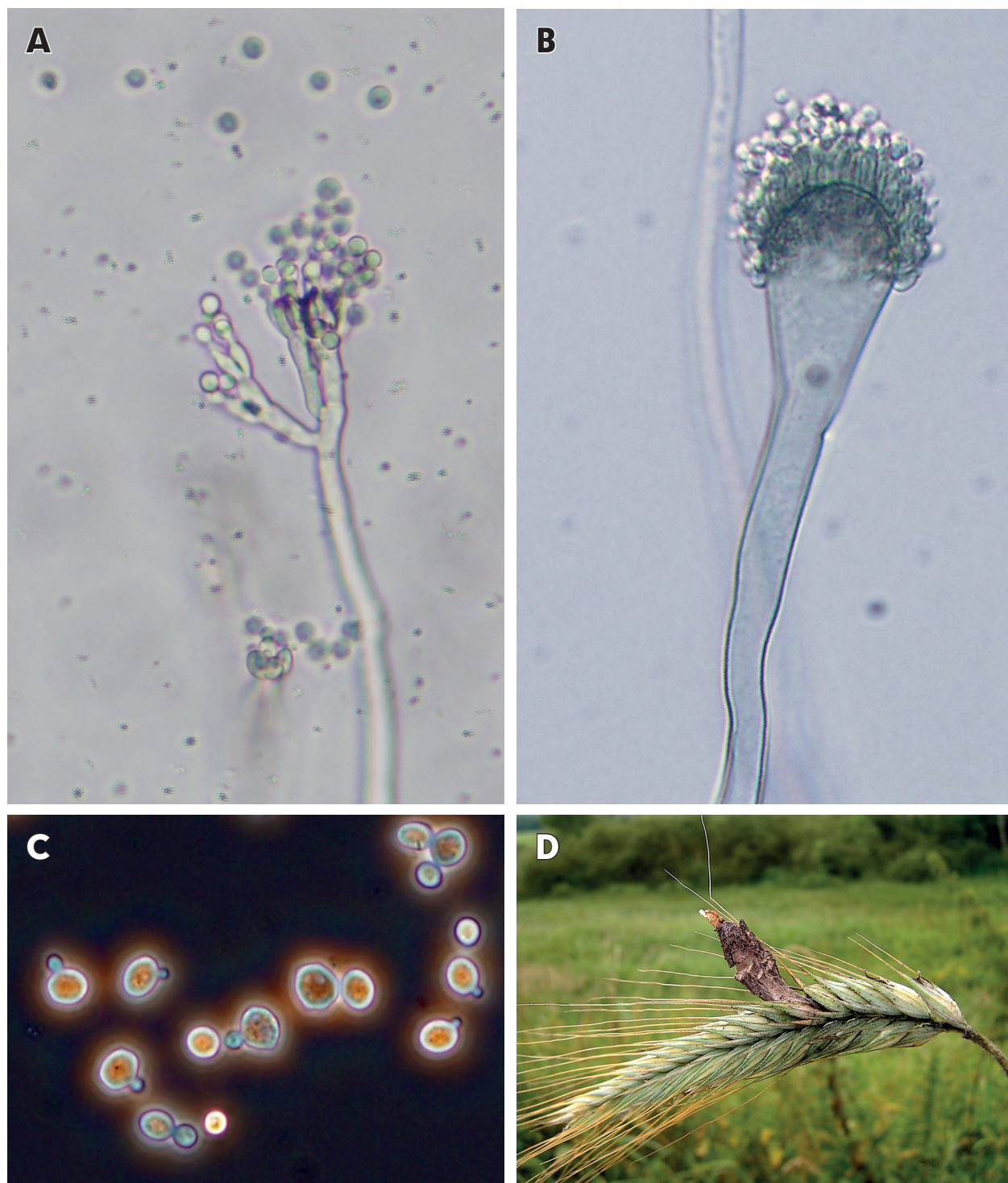
Mezi široce rozšířený rod půdních hub patří *Trichoderma*. Nejvýznamnějším druhem je *T. harzianum*, antagonistu růstu ostatních hub díky produkci účinných antifungálních látek. Má schopnost zlepšovat růst kořenů, a tím i vitalitu a produkci rostlin.

Ve farmacii je významná **paličkovice nachová** (*Claviceps purpurea*) z odd. Ascomycota, využívaná např. v porodnictví. Tato parazitická houba přeměňuje obilky žita a dalších trav ve sklerocia, tzv. **námel**, obsahující alkaloidy (ergotamin, ergosin, deriváty kyseliny lysergové a ergotové). Kontaminovaná mouka způsobovala u konzumentů „ergotismus“ („oheň sv. Antonína“), tj. otravy provázené tvorbou gangrén, krvácením nebo poruchami centrální nervové soustavy.

### 2.5.2 Kvasinky

V biotechnologiích hrají důležitou roli také kvasinky, především zástupci odd. Ascomycota (Tabulka 2.2). Některé druhy mohou vytvářet dvě formy (tzv. dimorfismus), kvasinkovou a vlákňitou. Kvasinky se rozmnožují nepohlavně pučením, někdy se dceřiné buňky neoddělují a vytvářejí tak pseudomycelium. Při zhoršení podmínek prostředí (nedostatek živin, vody) se mohou některé druhy rozmnožovat i pohlavně tvorbou vřecek. Nejstarším způsobem využití kvasinek je výroba pečiva a alkoholu pomocí kvasinky pивní (*Saccharomyces cerevisiae*). Jiné druhy kvasinek jsou využívány k produkci tzv. „single cell“ proteinů a produkci enzymů či alkoholů pro průmyslové účely. V současnosti jsou kvasinky intenzivně studovány a využívány v molekulární biologii ke klonování.

Rod *Saccharomyces* představuje nepochybně ekonomicky nejvýznamnější skupinu mikroorganismů používaných v průmyslu. Tento rod je fermentativní a je schopen realizovat i respiraci. Nejčastěji používanou kvasinkou je *S. cerevisiae*, která přeměňuje cukry (glukózu, manózu, fruktózu, galaktózu, maltózu, sacharózu, maltotriózu a z jedné třetiny rafinózu) na etanol a oxid uhličitý. Velký počet kmenů *S. cerevisiae* je využíván pro výrobu alkoholických nápojů a fermentovaných potravin (lív, pivo, víno, cider [z jablečného



**Obrázek 2.4** Biotechnologicky důležité houby: (A) štětkovec (*Penicillium* sp.); (B) kropidlák (*Aspergillus* sp.); (C) kvasinka pивní (*Saccharomyces cerevisiae*); (D) paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*). Foto: M. Sedlářová (A–C), J. Rod (D)

moštu], kefir, pulque [z agáve], saké), pro výrobu droždí, sterolů, enzymů a dalších produktů. Velmi významné je rovněž využití těchto kvasinek v genovém výzkumu.

Mezi další kvasinky využívané v biotechnologiích patří ***Yarrowia lipolytica*** (syn. *Candida lipolytica*), zejména pro svou schopnost produkce extracelulárních enzymů (alkalické, neutrální a kyselé proteasy, lipasy). Utilizace n-alkanů otevírá možnost využití této kvasinky jako producenta mikrobiální biomasy.

Využití nachází i ***Ogataea polymorpha*** (syn. *Hansenula polymorpha*), která může pro růst využívat kromě běžných sacharidů (glukóza, galaktóza, sacharóza, maltóza, laktóza) též metanol. Využití této kvasinky spočívá především v produkci biomasy.

Tabulka 2.2 Příklady průmyslového využití kvasinek

Organismus	Využití / produkce látek
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Výroba piva, pečení, topivo, alkohol, víno
<i>Saccharomyces bayanus</i>	Výroba vína
<i>Saccharomyces pastorianus</i> (syn. <i>S. carlsbergensis</i> )	Výroba piva
<i>Eremothecium gossypii</i> (syn. <i>Ashbya gossypii</i> )	Riboflavin
<i>Rhodotorula</i>	Karoten
<i>Pichia</i>	SCP
<i>Candida</i> , <i>Cryptococcus</i> , <i>Hansenula</i> , <i>Lipomyces</i> , <i>Rhodotorula</i>	SCP, lipasy
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Kyselina citronová
<i>Hansenula</i> , <i>Kloeckera</i> , <i>Pichia</i> , <i>Rhodotorula</i>	Prekurzory steroidů
<i>Saccharomycopsis</i> , <i>Aureobasidium</i>	D-glukonová kyselina
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Invertasa
<i>Saccharomyces diastaticus</i>	Glukoamylasa / vaření piva (ve vývoji)
<i>Yarrowia lipolytica</i> , <i>Torulopsis</i>	Biosurfaktant (liposan)
<i>Bombicola</i>	Glykolipidy
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Fermentace syrových uzenin

SCP = „single cell“ protein

***Kluyveromyces marxianus*** (syn. *K. fragilis*) (v imperfektním stadiu *Candida pseudotropicalis*) je vzhledem ke schopnosti zkvašovat laktózu využívána pro kvašení syrovátky, dále jako producent enzymů (polygalakturonidasa, invertasa,  $\beta$ -galaktosidasa).

***Cyberlindnera jadinii*** (syn. *Candida utilis*) je častým kontaminantem v kultivačních technologiích využívajících kvasinky (výroba droždí). Růstově je nenáročná, využívá kromě běžných sacharidů též hydrolyzáty dřeva a sulfitové výluhy, dusík může být asimilován též ve formě dusitanů a dusičnanů. Pro svůj dobrý růst slouží jako producent mikrobiální biomasy.

## Literatura

- Adl, S. M. et al. (2005): The New Higher Level Classification of Eukaryotes with Emphasis on the Taxonomy of Protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 52(5): 399–451.
- Adl, S. M. et al. (2012): The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 59(5): 429–514.
- Braun, U., Cook, R. T. A. (2012): Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews). CBS Biodiversity Series No. 11. ISBN 978-90-70351-89-2.
- Carlile, M. J., Watkinson, S. C., Gooday, G. W. (2001): *The Fungi*, 2nd Edition. Academic Press, San Diego, USA. ISBN 0-12-738446-4.
- Cavalier-Smith, T. (1998): A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 73(3): 203–266.
- Cooke, R. C., Whipps, J. M. (1993): *Ecophysiology of Fungi*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. ISBN 0-632-02168-3.
- Dix, N. J., Webster, J. (1995): *Fungal Ecology*. Chapman & Hall, London, UK. ISBN 0-412-64130-5.
- Dube, H. C. (2012): *An Introduction to Fungi*, 4th Edition. Scientific Publishers, India. ISBN 978-81-7233-743-8.

- Ghabrial, S. A., Castón J. R., Jiang, D., Nibert, M. L., Suzuki, N. (2015): 50-plus years of fungal viruses. *Virology*, 479–480: 356–368.
- Holec, J., Bielich, A., Beran, M. (2012): *Přehled hub střední Evropy*. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-2077-2.
- Ingold, C. T., Hudson, H. J. (1996): *The Biology of Fungi*, 6th Edition. Chapman & Hall, London, UK. ISBN 0-412-49040-4.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha. ISBN 80-246-1036-1.
- Kavanagh, K. (ed.) (2005): *Fungi. Biology and Applications*. John Wiley & Sons, Chichester, UK. ISBN 0-470-86701-9.
- Kirk, P. M. (ed.) (2008): *Dictionary of the Fungi*, 10th Edition. CABI Publishing. ISBN 978-0-85199-826-8.
- Moore, D., Robson, G. D., Trinci, A. P. J. (2013): *21st Century: Guidebook to Fungi*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 978-1-107-00676-8.
- Spooner, B., Roberts, P. (2005): *Fungi. The New Naturalist Series*. Collins, New York, USA. ISBN 0-00-220153-4.
- Stephenson, S. L. (2010): *The Kingdom Fungi. The Biology of Mushrooms, Molds, and Lichens*. Timber Press, Portland, OR, USA. ISBN 978-0-88192-891-4.
- Watkinson, S. C., Boddy, L., Money, N. P. (2016): *The Fungi*, 3rd Edition. Elsevier and Academic Press, Amsterdam, the Netherlands. ISBN 978-0-12-382034-0.
- Webster, J., Weber, R. W. S. (2007): *Introduction to Fungi*, 3rd Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 978-0-52101-483-0.





„Český duch může sice na čas bloudit,  
rozmach mohutného jeho křídla může ho zanést někdy  
třeba až na kraj světa, ale k pivu vrátí on se najisto vždycky zase!“

(J. Neruda, 1881)

## 3 PIVOVARNICTVÍ

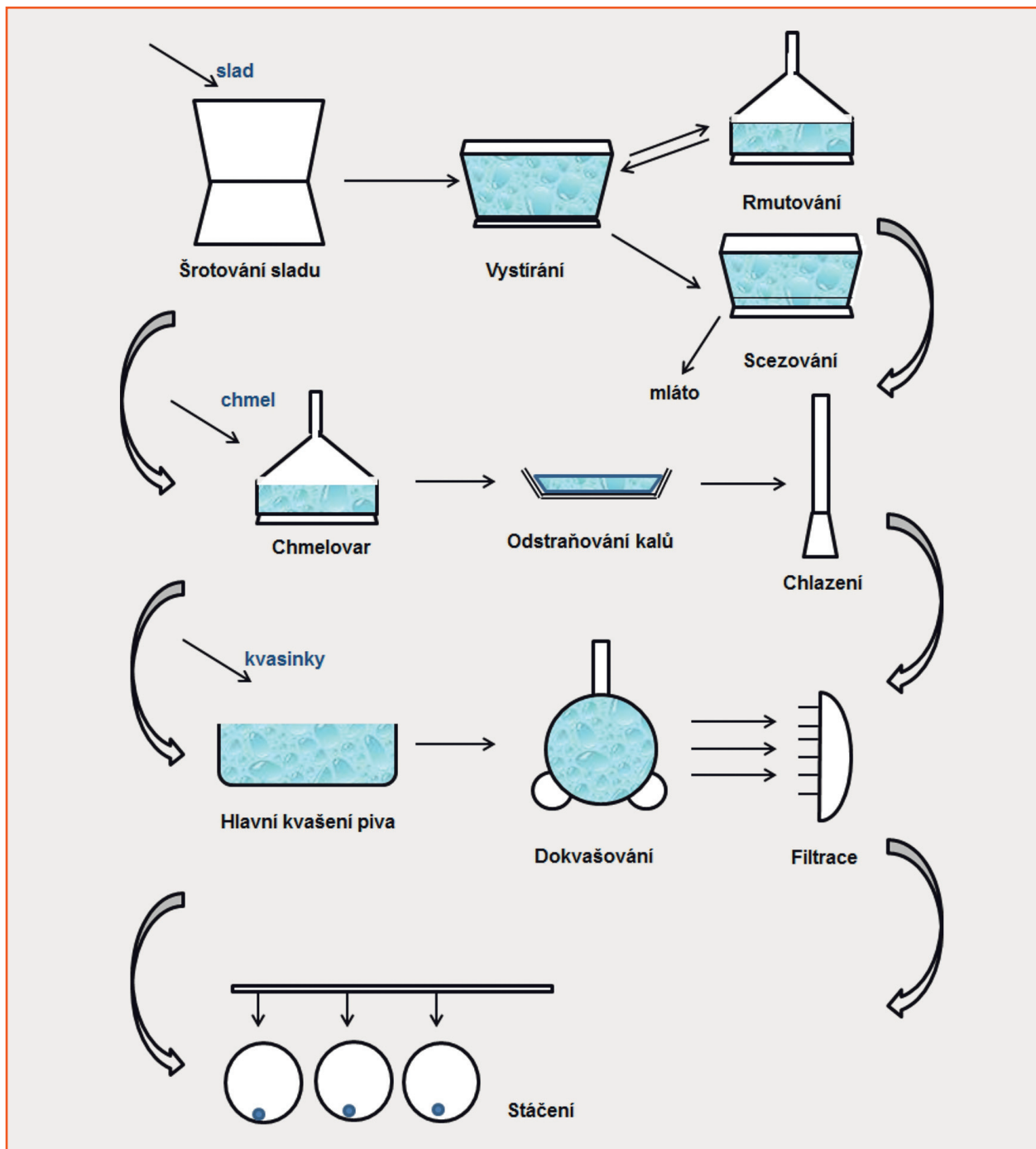
### 3.1 Pivo

**Pivo** je slabě alkoholický nápoj vyráběný z **ječného sladu, pitné vody a chmelových produktů působením kvasinek**. Cukr nutný pro činnost kvasinek (kvašení) se získává ze škrobnatých surovin, což je v našich podmínkách nejčastěji ječmen. V jiných zemích k těmto účelům slouží pšenice, rýže, kukuřice, kasava nebo agáve. Po nalití do sklenice vytváří pivo kompaktní pěnu, vyznačuje se charakteristickou hořkou chutí, určenou hořkými látkami z chmele. Podle koncentrace extraktu původní mladiny (stupňovitosti) se připravují piva výčepní (dříve 8°, 10°), ležáky (11°, 12°), speciály (13° a více) a např. nízkoalkoholická piva. Pivo je obecně uznáváno jako významný nápoj pro utišení žízně, ale také pro svou výživnou a dietetickou hodnotu. Literatura uvádí, že spotřeba jednoho litru piva denně stačí na pokrytí doporučených denních dávek stopových prvků a minerálních látek. Největšími současnými producenty piva jsou Čína a USA, Česká republika je na 17. místě, ale má světový primát v počtu litrů piva spotřebovaných za rok na osobu (více než 160 l v letech 1996–2007, 144 l v roce 2015).

### 3.2 Historie výroby piva

Výroba piva je tak stará jako dějiny civilizovaného světa. Pivo provází lidstvo od starověku. Bylo nápojem panovníků, nedílnou součástí jídelničky prostých lidí, sloužilo jako oběť bohům. Pivo bylo také používáno jako přídatek do léků. Historicky se za **kolébku piva** ve světě považuje oblast **Mezopotámie**, kde Sumerové a Akkadové pěstovali již v 7. tisíciletí př. n. l. obilí a holdovali obilným kvašeným nápojům. Staří Indové vyráběli pivo již 3200 let př. n. l. Pivo je známo i z Peru, kde se vařilo z kukuřice. Ve starověkém Řecku bylo pivo považováno za nápoj chudých, bohatým náleželo víno. V Římské říši dlouho považovali pití piva za barbarský zvyk. Indoevropské kmeny, které v době své expanze ve 4.–6. století př. n. l. osídlily evropský kontinent, taktéž ovládaly výrobu piva. K nejnáruživějším pijákům piva patřili Germáni, u kterých bylo pivo po medovině nejrozšířenějším nápojem. Slovanské kmeny, které sídlily především v Pobaltí, ve střední a jižní Evropě, znaly a v hojné míře připravovaly různá piva z ječmene, ova a pšenice. Na naše území přinesli **Slované** zvyk **používat k vaření piva chmel**, který se na dlouhou dobu stal doménou našich zemí. V raném středověku bylo právo vařit pivo udělováno klášterům. První zpráva o výrobě piva u nás se váže k Břevnovskému klášteru (r. 993). Později vznikaly městské pivovary. V 16. století začala pivo vařit i šlechta. Zlatý věk českého pivovarnictví nastal ve druhé polovině 19. století, kdy se pivo vyváželo do mnoha zemí. Obě světové války znamenaly pro obor citelnou ránu. Po zestátnění v roce 1948 se pivovarnictví stále těšilo úctě a po roce 1990 došlo i k obnově menších, dlouho zavřených pivovarů. V současnosti vzrůstá trend malých, restauračních a domácích pivovarů. Nejproslulejší výrobky našeho pivovarsko-sladařského průmyslu (slad a pivo) jsou důležitými exportními komoditami, stejně jako český chmel.

Jeden z nejstarších popisů **výroby piva** pochází ze **starého Egypta**. Pivo se tehdy vyrábělo z datlí, máku a obilovin, později z ječmene a ječného sladu. K výrobě sladu se používal jen nejlepší ječmen s neporušenými obilkami, který se drtil na obrovských mlýnských kamenech. Po vyčištění se přidala pšeničná mouka, voda a vytvořilo se těsto, ze kterého se pekly bochníky. Ty se drtily na sítěch umístěných nad káděmi s vodou. Tekutina z kádě se pak přelila do džbánů a nechala se vykvasit. Pivo se následně dochucovalo datlovou šťávou. Časem se již pивní chleby nepekly ve formách, ale jako placky na otevřených pecích. Ty se pak rozšlapaly v kádích, namočily se a nechaly vykvasit. Tento způsob výroby piva se uchoval až do řeckého období. V Egyptě se pivo využívalo k lékařským účelům, zajímavé je použití jako antikoncepčního přípravku pro zabránění početí. Pivo nechybělo ani při bohoslužebných nebo pohřebních obřadech. Známy o pivě jsou dokonce i v „knize mrtvých“. Tyto texty se nejdříve psaly na hrobky a poté na papyrus, který se přibaloval k mumiím. Pro nás je zajímavé, že původní piva měla kašovitou konzistenci a k jejich



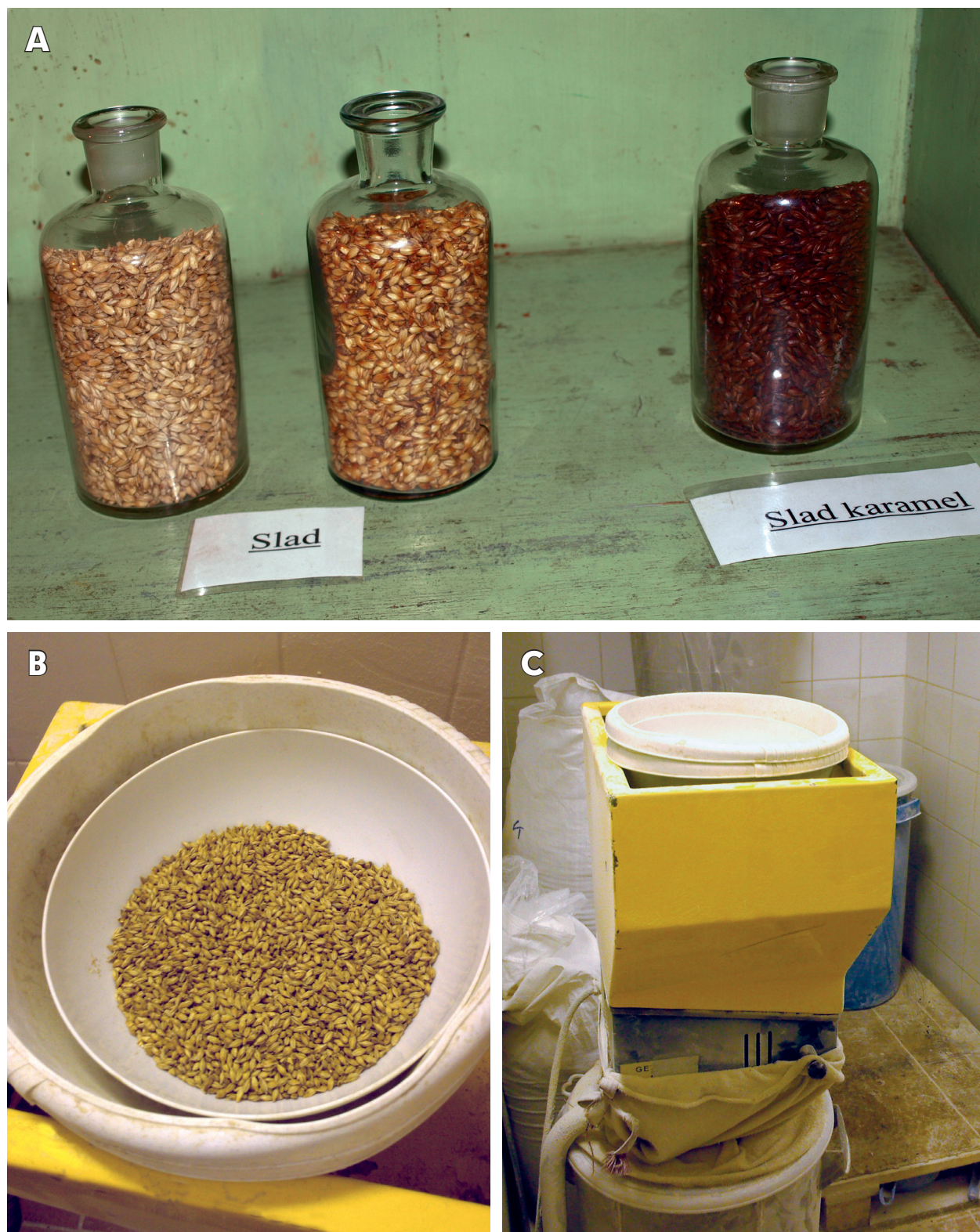
**Obrázek 3.1** Technologické schéma výroby piva (upraveno podle [www.soudom.cz](http://www.soudom.cz), překresleno: B. Mieslerová)

konzumaci se používala slámka. Je zajímavé, že první verze zákona o čistotě piva (Reinheitsgebot) z roku 1492 (konečná verze z roku 1516) nezahrnovala kvasnice do výčtu surovin povolených pro výrobu piva, protože v té době nebyla podstata kvasnic známa.

### 3.3 Současné technologie výroby piva

Výroba piva je soubor poměrně složitých a bedlivě kontrolovaných procesů (Obrázek 3.1). Některá výrobní tajemství si pivovary chrání dodnes. Následující postupy odpovídají výrobě českého ležáku plzeňského typu (Bohemian Style Pilsener). Velmi důležitou pivovarskou surovinu představuje slad, jenž se vyrábí ve sladovnách, které jsou buď součástí pivovaru, nebo, a to dnes častěji, jsou oddělené (obchodní sladovny) a slad se do pivovarů dováží. Výroba piva pak probíhá v pivovarech.





**Obrázek 3.2** Příprava surovin pro výrobu piva: (A) příklady různých typů sladů – pivovar Dětenice; (B) detail a (C) šrotování sladu – minipivovar Moritz, Olomouc. Foto: B. Mieslerová (A), M. Sedlářová (B, C)

Vlastní výroba piva sestává ze tří výrobních úseků, zahrnujících řadu složitých mechanických, fyzikálně chemických a biochemických procesů, přičemž první úsek se v pivovarských učebnicích označuje jako horká fáze a další dva jako studená fáze:

1. výroba mladiny,
2. kvašení mladiny a dokvašování mladého piva,
3. závěrečné úpravy a stáčení zralého piva.



### 3.3.1 Výroba sladu

**Slad** je produkt vzniklý **máčením, vyklíčením a usušením obilných zrn** (obilék). Průmyslově se slad používá pro výrobu nejen piva (pivovarský slad), ale i lihu (lihovarský slad), limonád, pečiva a taktéž v cukrárenství. Pro jeho přípravu (Obrázek 3.2) jsou využívány převážně odrůdy jarního ječmene setého dvouřadého variety nicí (*Hordeum vulgare* convar. *distichon* var. *nutans*) a v menší míře také odrůdy jiných obilnin, např. pšenice, kukuřice, žito, oves, prosa (jáhelny slad).

Vlastní výroba sladu začíná **máčením ječmene v náduvnících** (namáčecích věžích). Teplota máčecí vody a vzduchu je obvykle 12 °C. Voda se několikrát mění, po každém namáčení (8–9 hodin) následuje vzdušná přestávka (10 hodin). Zvýšením původního obsahu vody v zrně během **cca dvou dnů** vzniknou vhodné podmínky pro klíčení. Konečný obsah vody v obilce (tzv. stupeň domočení) se pohybuje v rozmezí 42–44 % u světlého sladu (např. plzeňský, často označovaný jako český slad) nebo 45–48 % u sladu tmavého (nejčastěji bavorský neboli mnichovský).

Následuje **klíčení zrna** obvykle čtyři dny při 12 °C. Může probíhat klasicky, tj. ve velkých nakličovacích halách (**na humnech**) nacházejících se zpravidla pod náduvníky, kde je zrno navrstveno na max. 15 cm. Protože je ale zapotřebí velká plocha, dnes v ČR tento způsob využívá jen asi 13 menších sladoven. Alternativou jsou pak pneumatická sladovadla s klimatizační jednotkou, která vlhčí vzduch procházející až 1 m vysokou vrstvou klíčícího sladu na pásovém dopravníku a umožňují lepší kontrolu teploty a homogenity klíčícího sladu. Pro udržení aerace a konstantní teploty 12 °C je nutné větrání a převrstvování (vidrování a orání) lopatkami speciálního stroje, obracení a shrnování se provádí pomocí „maltomobilů“. Při klíčení se mění složení suroviny působením komplexu enzymů (amylolytických, proteolytických), které se postupně aktivují v obilkách a vedou k tzv. rozluštění zrna (uvolnění škrobových granulí a štěpení bílkovin). Naopak je nutné minimalizovat štěpení škrobu (omezit prodávání škrobu a růst nové rostlinky [střelky]), protože tím se snižuje výtěžek. Po ukončení klíčení, které trvá 4–7 dní, vznikne tzv. zelený slad.

Posledním procesem je **hvozdění (sušení zeleného sladu)**. Hvozdění představuje proces, kdy působením gradientu teplot (40 °C a více) dochází ke snížení obsahu vody až pod 2 %, inaktivaci enzymů a zastavení všech vegetačních procesů. Zvýšením teploty a úbytkem vláhy se ve sladu vytvářejí optimální hladiny typických barevných a aromatických látek (karamelizací části cukru), které ovlivňují nejen výslednou barvu, ale i chuť a vůni sladu a následně piva. Přípravují se slady světlé, tmavé a speciální. Závěrečné dotahovací teploty jsou 80–85 °C po dobu 4–5 hodin pro světlé slady a 100–105 °C po dobu 5 hodin pro tmavé slady. Karamelové a barvicí slady nemají již téměř žádné aktivní enzymy, protože se praží v rotačních bubnech (doba a teplota se volí podle typu sladu), na závěr jsou postříkány vodou a promíchávány na chladicím koši. Hotový slad je na rozdíl od původní obilniny použité ke sladování velmi křehký.

K produkci hotového sladu pak potřebujeme už jen **odkličovačky sladu**. Oddělené klíčky čili „sladový květ“ je odsáván pomocí ventilátoru a je ustalován ve filtru, pod kterým je zásobník. Sladový květ obsahuje velké množství proteinů vzniklých při klíčení ječmene a je využíván jako krmivo. Hotový slad je již velmi tvrdý a bohatý na škrob.

### 3.3.2 Příprava mladiny

Výroba mladiny (nazývaná též **horkou fází výroby piva**) sestává z následujících technologických úseků:

1. šrotování sladu,
2. vystírání sladového šrotu do vody,
3. rmutování,
4. scezování sladiny a vyslazování sladového mláta,
5. chmelovar a chlazení mladiny.

První fází výroby mladiny je **šrotování sladu** (eventuálně surogátů, což jsou jeho náhražky). Šrotování je **mechanické drcení sladového zrna** s cílem dokonalého vymletí endospermu na vhodný poměr jemných

a hrubších částic při zachování celistvosti pluch, neboť ty v pozdější fázi výroby slouží jako filtrační materiál při scezování. Větší poškození pluch snižuje porozitu mláta a negativně ovlivňuje chuť piva. Plucha obsahuje kromě nerozpustné celulózy polyfenoly, pentosany, hořké a barevné látky, jejichž vyluhování vzrůstá s dobou kontaktu a s poškozením pluchy. Jemné rozemletí endospermu je naopak předpokladem pro požadovaný průběh rmutování a vysoký varní výtěžek. Šrot pro scezovací kád' má tedy mít pokud možno nejlépe vymleté, minimálně poškozené pluchy, nízký podíl hrubé krupice a vysoký podíl jemné krupice.

Následuje proces **vystírání**; jedná se o proces smíchání šrotu s vodou ve vystírací pánvi s cílem převést obsažené látky do roztoku. Celý proces probíhá ve vystírací kádí, kam se nasype odměřené množství šrotu a kam je přiváděna voda o teplotě 35–38 °C (tzv. nálev). Obsah kádě (vystírka) je neustále promícháván. Část látek obsažených ve sladu již přechází do vody, ale většina je stále nerozpuštěna.

Dalším z procesů je **rmutování**; to slouží k přípravě sladiny s požadovanou extraktovou skladbou. Dosažuje se toho postupným vyhříváním části vystírky na jednotlivé rmutovací teploty, optimální pro činnost různých skupin enzymů, až se dosáhne dokonalého zcukření škrobu. Zpravidla se začíná kyselinotvornou teplotou 35–38 °C, po prodlevě se rmut ohřívá na peptonizační teplotu 48–52 °C, kdy dochází ke štěpení bílkovin. Následuje nižší cukrotvorná teplota 60–65 °C, při které dojde ke ztekucení škrobu přítomností enzymu  $\beta$ -amylasy, a poslední vyšší cukrotvorná teplota 70–75 °C způsobí prostřednictvím  $\alpha$ -amylasy, enzymové štěpení škrobu na cukr maltózu a dextriny. Výsledkem celého procesu je **sladina**, tj. směs glukózy, maltózy a dextrinů v různých poměrech.

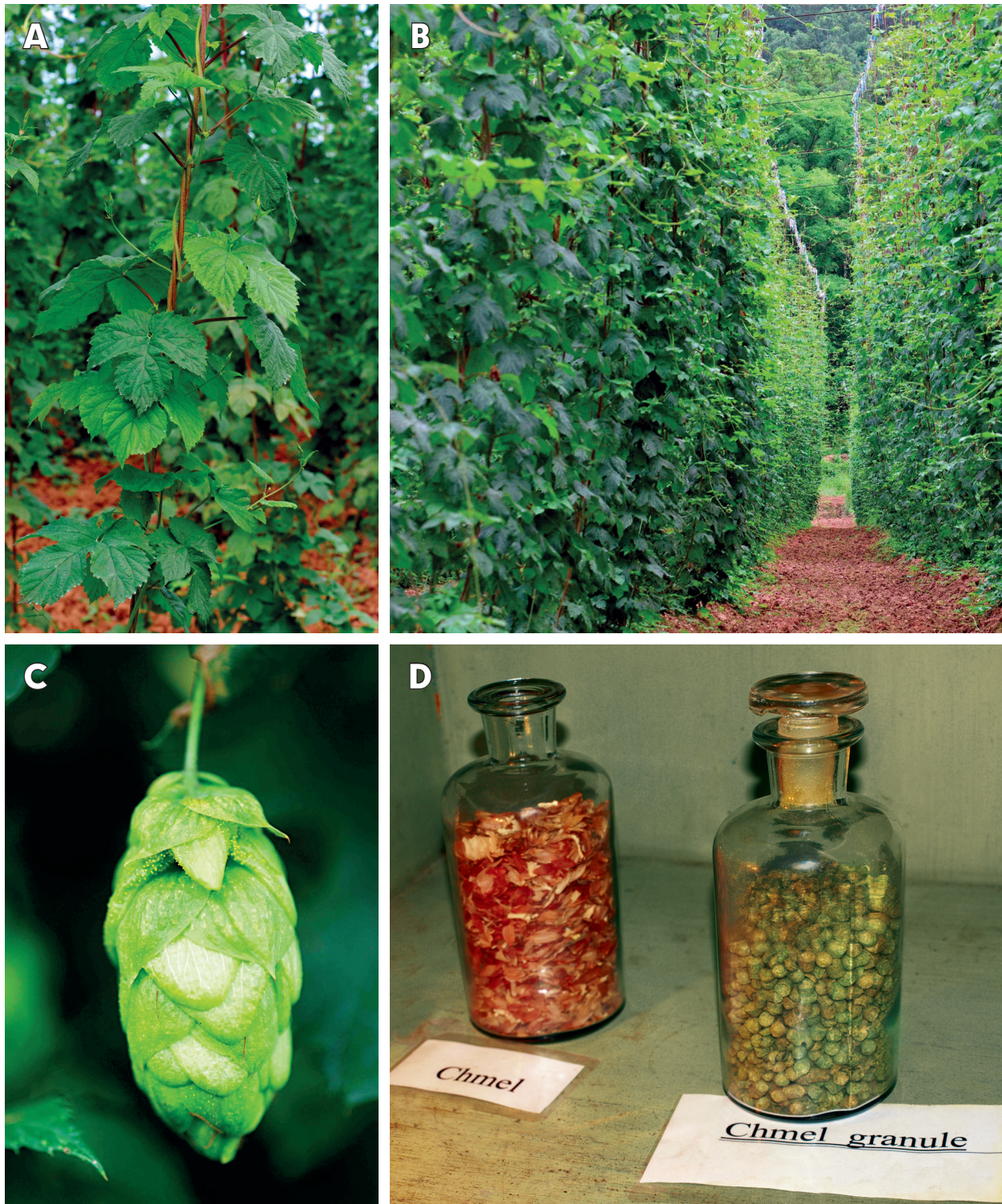
Rmutování rozlišujeme **dekokční** a **infuzní**. Infuzní způsob je jednoduchý a probíhá v jedné vystírací nádobě. U dekokčního způsobu jsou potřeba dvě nádoby, z toho je jedna vyhřívána a vždy se přečerpá 1/3 díla do rmutovací pánve. Provádí se na 1–3 rmuty, pro české pivovarnictví je typický způsob vaření na dva rmuty. U dekokčního rmutování se nakonec rmuty považují, u infuzního způsobu je nejvyšší od rmutovací teplota 78 °C; cílem je denaturace enzymů. Infuzní způsob je rychlejší, jednodušší a levnější, nicméně dekokce (nejlépe na 2–3 rmuty) je nezbytná pro výrobu pravého ležáku českého typu. Infuze je zase tradiční pro svrchně kvašená piva typu „Ale“. Dekokční způsob rmutování je bezkonkurenčně nejsložitějším a nejdražším technologickým postupem při výrobě piva.

Na rmutování navazuje **scezování sladiny**. Jedná se o oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny, od pevného podílu zcukřeného rmutu, tj. mláta. Scezování se provádí přes pluchy ve scezovací kádí vybavené dvojitým děrovaným dnem a systémem odvodných trubek spojených s kohouty scezovací baterie. První část sladiny je kalná a vrací se scezovacím čerpadlem zpět potrubím do scezovací kádě nad vrstvu mláta. Až je dosaženo čirosti, přečerpává se sladina do mladinové pánve. Následuje **vyslazování mláta**, což je vyloužení **mláta** horkou vodou (75 °C), aby se z něj získaly poslední zbytky rozpustného extraktu.

**Mláto** jsou tuhé zbytky po filtraci sladiny při výrobě piva, po vykvašení vína nebo destilaci etanolu. Pivovarské mláto obsahuje pluchy a jejich úlomky, vysrážený bílkovinný kal a další suspendované látky. Jedná se o hodnotné krmivo pro domácí zvířata dodávané v čerstvém či sušeném stavu, které podporuje zdravý růst prasnic i tvorbu mléka u dojnic.

Zfiltrovaný roztok extraktu při vyslazování se nazývá **výstřelek** a zpravidla se vyslazuje na 2–3 výstřelky. Předek a výstřelky se shromažďují v **mladinové pánvi**, kde nastupuje další proces a tím je **chmelovar**. Chmelovar, který trvá 90–120 minut, má za cíl převedení hořkých látek chmele do **mladiny** (což je vlastně povařená sladina s chmelem), sterilizaci mladiny, inaktivaci enzymů a koagulaci bílkovin s polyfenolovými látkami sladu a chmele. Chmel či chmelové přípravky (granule, pasta) se přidávají postupně, nejčastěji na dvakrát nebo na třikrát, podle kvality a typu výrobku. V současnosti se používá přírodní chmel jen omezeně (**Obrázek 3.3**). Po chmelovaru následuje oddělení zbytků chmele ve chmelovém cízu, pokud nebyl použit chmelový granulát či chmelový extrakt, a chlazení mladiny. Po skončení chmelovaru si vaříč bere vzorek uvařené mladiny, změří její stupňovitost a sleduje, zda se bílkoviny během chmelovaru dobře vysrážely.





**Obrázek 3.3** Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*): (A) celá rostlina; (B) pohled na chmelnici; (C) chmelová šištice; (D) rozdrčené šištice a chmelové granule. Foto: P. Svoboda (A–C), B. Mieslerová (D)

**Chlazení mladiny** se dříve provádělo v otevřených nádobách, kde mladina samovolně chladla a sytila se kyslíkem ze vzduchu (Obrázek 3.4). Dnes se používají téměř výhradně uzavřené vířivé kádě, kde je teplota nad 95 °C. Dochází zde k usazení hrubých kalů. Kalová mladina se někdy filtruje přes plachetkový filtr (nebo projde přes odstředivku), ale pokud je kalový kužel dostatečně kompaktní, tak se nepoužívá. Následuje dochlazení mladiny v deskových protiproudých výměnících tepla na zákvasnou teplotu 5–7 °C. Před zakvašením se mladina ještě za sterilních podmínek sytí kyslíkem, který je nezbytný pro činnost kvasinek.



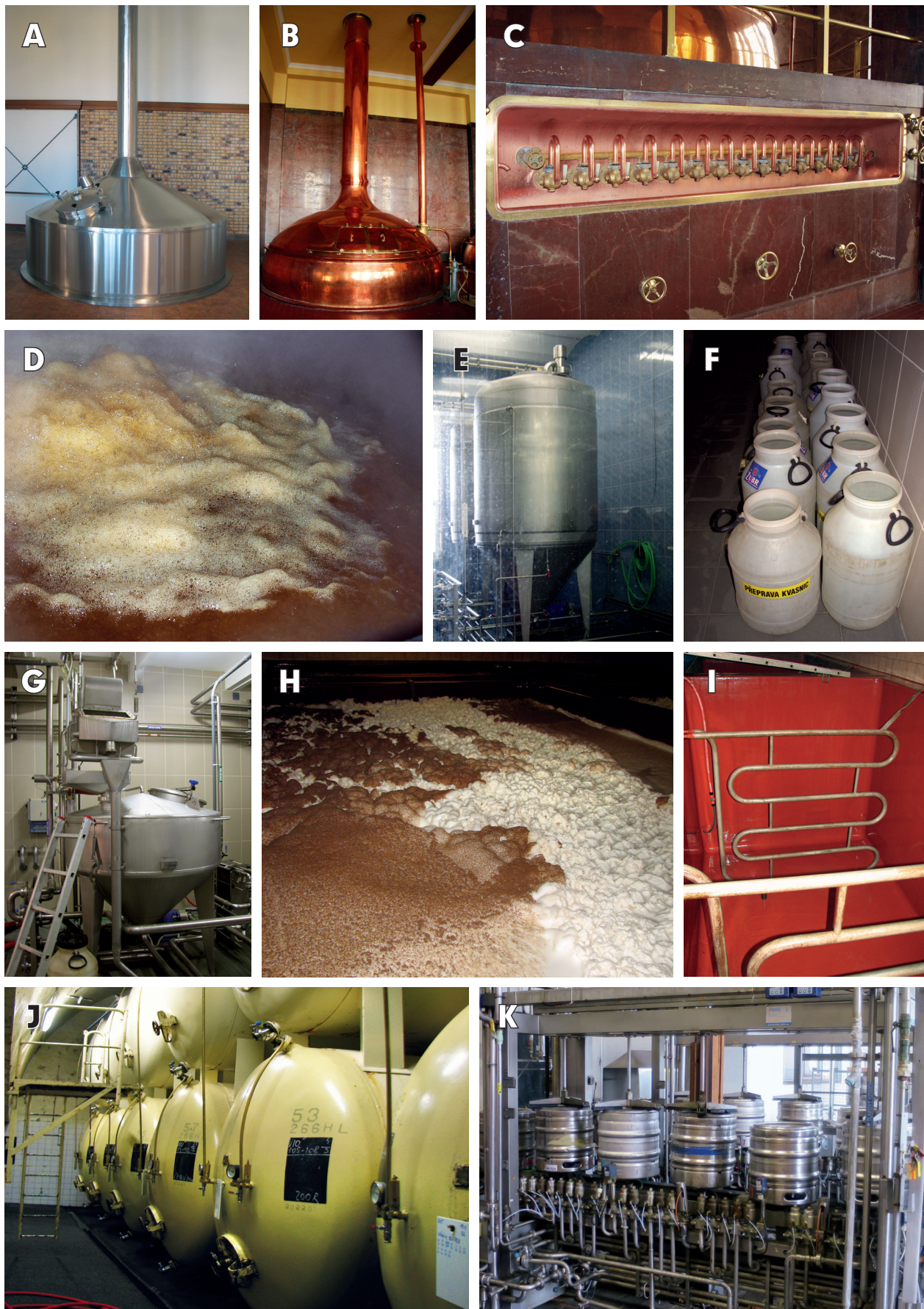


**Obrázek 3.4** Minipivovary: (A) tradiční varna pro výrobu mladiny a (B) kvašení piva v kádích – pivovar Dětenice; (C) technologie horké fáze výroby (dole) a dokvašování piva typu „Ale“ (nefiltrované, nepasterované) v tancích přímo v restauraci tzv. „cask conditioned ale“ – The Old Brewery, Greenwich, Londýn; (D) nerezová spilka – minipivovar Moritz, Olomouc. Foto: B. Mieslerová (A, B), M. Sedlářová (C, D)

### 3.3.3 Kvašení mladiny a dokvašování mladého piva

Kvašení mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází: **hlavní kvašení** a **dokvašování**. Ochlazená mladina vyrobená při varných procesech stéká do nerezových otevřených kádí, které mají ve stěnách chladičí zařízení a kde dochází k zakvašení mladiny kulturou pivovarských kvasinek (**Obrázek 3.5**). Tyto kvasinky obsahují maltasu, která katalyzuje štěpení maltózy na dvě molekuly glukózy, které dále zkvašují. Uvedený proces se nazývá **hlavní kvašení**, probíhá v tzv. **spilce** (kvasírně) a trvá podle stupňovitosti piva 7–12 dní, probíhá při teplotě 5–10 °C. Většina kvasinek sedimentuje na dně kádí a mladina přechází na tzv. **mladé pivo**. Dříve se používaly pro proces kvašení dřevěné otevřené kádě, vyrobené z dubu nebo modřínu. Alternativou otevřeného kvašení na spilce je uzavřené kvašení v cylindrokónickém tanku. Některé pivovary kombinují oba tyto procesy.





**Obrázek 3.5** Zařízení průmyslové výroby piva: (A) velkokapacitní vystírací kád; (B) rmutovací kotel; (C) scezovací kohouty pro kontrolu sladiny; (D) pohled do chmelovaru; (E) propagační stanice pro průtokovou kultivaci; (F) sudy na přepravu a (G) zásobník kvasnic; (H) kvašení a zrání piva v otevřených kvasných kádích (spilka); (I) chladič systém uvnitř spilky; (J) dokvašování piva v ležáckých tancích; (K) stáčení piva do KEG sudů. Technologie v nerez u pivovar Přerov, zařízení z mědi pivovar Litovel. Foto: M. Sedlářová (A, B, E–J), B. Mieslerová (C, D, K)



Pro kvašení mladiny se používalo **buď svrchních, nebo spodních pivovarských kvasinek**. Svrchní pivovarské kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*, známé už z Mezopotámie, 7. tisíciletí př. n. l.) pracují při teplotách do 24 °C (nejčastěji 18–22 °C) a po vykvašení jsou vynášeny na povrch; tyto kvasinky se stále používají pro pšeničná piva (Weizenbier), britská a americká piva typu „Ale“ a belgická piva. Spodní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* ssp. *uvarum* nebo dříve *S. carlsbergensis* pracují při teplotách 6–12 °C a po ukončení kvasného procesu usedají na dno kvasných nádob. Jedná se o bavorský vynález, který byl v českých zemích poprvé použit v plzeňském Prazdroji v roce 1842 a který v našich zemích naprosto převládá. V roce 1984 splynuly názvy těchto druhů či poddruhů pod společný název *S. cerevisiae*. Mnoho pivovarských technologů tento názor neuznávalo, jelikož použité kvasinky se technologicky liší. Podle poslední taxonomické studie Kurtzmana náležejí spodní pivovarské kvasinky k *S. pastorianum* s již neplatným synonymem *S. carlsbergensis* a svrchní kvasinky k *S. cerevisiae*.

Některé svrchní kvasinky mohou také tvořit typickou chuť pšeničných svrchně kvašených piv. Jejich specifická chuť a vůně je způsobená 4-vinylguajakolem, vznikajícím tepelnou degradací a enzymovou dekarboxylací kyseliny ferulové, jedné z volných kyselin přítomných v ječném nebo pšeničném zrně.

Nejdůležitějšími reakcemi **hlavního kvašení** jsou přeměny z kvasitelných sacharidů glukózy, maltózy a maltotriózy na **etanol a oxid uhličitý** kvašením. Z dalších látek, které vznikají kvašením, jmenujme např. alifatické alkoholy, aldehydy, diketony, mastné kyseliny a estery. Všechny tyto látky a jejich vzájemný poměr spoluvytvářejí chuť a aroma piva. Za pěnu jsou zodpovědné bílkoviny.

Při kvašení 100 litrů 12% mladiny zkvasíme asi 9 kg extraktu (zkvasitelného cukru) a po hlavním kvašení zůstanou v mladém pivu asi 3 kg extraktu. V průběhu hlavního **kvašení** se rozlišuje **několik stadií**. Brzo po zakvašení (12–24 hodin) dochází k **zapařování**, kdy se objevuje první bílá pěna na povrchu kvasící mladiny. V druhé etapě se začínají objevovat **nízké bílé kroužky**, přibližně za 36 hodin po začátku hlavního kvašení. Třetí stadium se nazývá stadium **vyšších nebo hnědých kroužků** (intenzivně se vyvíjející CO<sub>2</sub> vynáší z kvasící mladiny různé kaly, které zbarvují pěnu na povrchu). Poslední, čtvrté stadium je stejnoměrné **propadání kroužků**, provázené vznikem nízké hnědé pokrývky na povrchu mladého piva. Barva této pokrývky přechází od rezavé do hnědé. Tímto stadiem je proces hlavního kvašení ukončen.

Na konci hlavního kvašení **sedimentují spodní kvasinky** na dno kvasné kádě a po stáhnutí piva se sbírají, propírají studenou vodou a znovu se nasazují do provozu. Hlavní kvašení trvá zpravidla 6–8 dní podle druhu vyráběného piva, kvasnice se recyklují až pětkrát.

Pro **výrobu čistých násadních kvasnic** se používá tzv. **propagační stanice**, tvořená většinou dvěma nádobami: **sterilizátorem**, kde se z varny přivedená mladina při zvýšeném tlaku sterilizuje a poté ochlazuje na zákvasnou teplotu, a **kvasným válcem (propagátorem)**, ve kterém mladina kvasí nejdříve v menším množství, zakvašeným v laboratoři vypěstovanou čistou kvasničnou kulturou. Postupně se toto množství mladiny zvětšuje, až dosáhne potřebného objemu, kterým se zakvasí mladina v kvasné kádi, tanku či cylindrokónickém tanku. Pro kvašení 100 l piva se použije 0,5–1 l násadních kvasnic.

Kvasnice lze použít vícekrát, ale zvyšuje se riziko kontaminace. Kvasnice se mohou **propírat studenou vodou**, aby se z nich odstranily mrtvé buňky. V případě vyššího znečištění se používá tzv. **kyselé praní**, kdy se kvasnice promíchají ve zředěné fosforečné nebo jiné kyselině a hned se dávkuje do mladiny.

Ve stadiu zkoušek jsou prozatím **bioreaktory na imobilizované kvasinky**. Jako nosič těchto kvasinek se používá alginát, pluchy nebo jiný vhodný materiál. Na nosič upoutané kvasinky se umísťují do zvláštního prostoru v bioreaktoru. Účelem aplikace tohoto způsobu hlavního kvašení je zkrácení doby kvašení ze dnů na desítky hodin; upoutané kvasinky ve sterilním stavu vydrží několikaměsíční provoz, není nutné zakvašovat mladinu a po skončení hlavního kvašení sbírat kvasnice.

Po skončení hlavního kvašení je mladé pivo transportováno do sklepa. Toto pivo má ještě určitý podíl nezkašeného extraktu a obsahuje i nízký podíl kvasnic. **Dokvašování a zrání mladého piva** se provádí

v ležáckém sklepě, sudováno je do ležáckých tanků, kde mladé pivo dokvašuje. Pivo při teplotách 1–3 °C velmi pozvolna dokváší, čirí se, zraje a sytí se vznikajícím oxidem uhličitým pod tlakem v uzavřených ležáckých tancích pro získání potřebného řízu. Doba zrání (ležení) se řídí stupňovitostí piva. 10° pivo zraje přibližně 20 dní, 11° pivo 35 dní a 12° pivo až 50 dní. Čím déle je pivo v ležáckém sklepě, tím má „větší říz“. Obsah ležáckých tanků se dimenzoval v závislosti na objemu kvasné kádě. Běžně se vyráběly tanky o objemu 40–400 hl, nejčastěji o objemu kolem 250 hl. Tomu přibližně odpovídá průměr ležáckého tanku v rozsahu 1,5–3 m a délka 1,5–6 m.

Dříve se pivo dokvašovalo neboli leželo v ležáckých sudech vyrobených z dubového dřeva. Dubové kádě s objemem do 100 hl byly velmi dobré pro dokvašování piva, protože mladé pivo se v nich ochlazovalo zvolna a stejnoměrně a kvasnice si dobře zvykaly na nové prostředí. Smolné vrstvě na vnitřní straně se připisoval kladný vliv na sedimentaci kvasnic i dobrou chuť piva.

### 3.3.4 Závěrečné úpravy a stáčení zralého piva

Pivo, které má mít delší záruční dobu, je nutno biologicky i fyzikálně chemicky stabilizovat a zbavit všech mikroorganismů a látek, které mohou v déle skladovaném pivu vytvářet zákal. Na kvasné procesy proto navazuje ještě několik postupů, jejichž cílem je zvýšit trvanlivost a kvalitu piva. **Filtrační proces** má za cíl odstranit z piva kalici látky, zbylé kvasnicové buňky a docílit požadované čirosti, koloidní stability a biologické trvanlivosti. K filtraci piv se používají filtry, kde je na filtrační přepážku naplavena nejčastěji křemelina, ve které se zachycuje jemný kal. Během filtrace je nutné maximálně omezit styk filtrovaného piva s kyslíkem, který má v této fázi negativní vliv (změna chuti, barvy, koloidní i mikrobiální stability finálního výrobku). K zamezení provzdušnění zfiltrovaného piva se nejčastěji používá oxid uhličitý a dusík, které vytvářejí ochrannou vrstvu, nebo se používají chemické antioxidanty (např. kyselina askorbová). Filtrace se provádí na křemelinových svíčkových a deskových filtrech různé konstrukce.

Samotná filtrace piva však nestačí k zajištění dlouhé trvanlivosti, kterou spotřebitelé vyžadují. Zvýšit trvanlivost piva na několik měsíců lze **stabilizací**, tj. snížením náchylnosti piva k tvorbě koloidních zákalů. Používají se přípravky na bázi enzymů (dodatečně štěpí bílkovinné frakce) nebo na bázi adsorbentů (adsorbují bílkovinné komplexy nebo polyfenoly), které se přidávají během filtrace. Filtrací odstraňované kvasnice adsorbují určité množství koloidních prekurzorů, čímž zvyšují předpověď koloidní trvanlivosti. Podle účinku se stabilizátory dělí na přípravky, které sráží, adsorbují, nebo štěpí vysokomolekulární dusíkaté látky nebo polyfenoly, či redukcí snižují vliv kyslíku.

U adsorpčních materiálů se požaduje hygienická nezávadnost, nerozpustnost v pivu, charakteristická velikost částic se specifickým povrchem, objemem i průměrem pórů zaručujícím vysokou sorpční aktivitu pro prekurzory zákalu a s minimální vedlejší sorpční aktivitou. K nejpoužívanějším stabilizátorům patří **adsorbenty dusíkatých látek** (např. silikagely) a **polyfenolů** (na bázi polymerů).

Biologická stabilizace piva se provádí **pasterací**, tj. ohřátím piva. Rozšířená je zejména pasterace piva v lahvích či plechovkách v ponorných a tunelových pastérech při teplotě 62 °C, méně častá je mžiková pasterace v průtokových pastérech při vyšší teplotě. Dnes se od pasterace částečně upouští a používá se mikrofiltrace (Bernard, Polička, Poutník, Chodovar, dokonce i Starobrnno). Mikrofiltrace zachová chuťové vlastnosti čerstvého piva.

**Stáčení piva** do transportních obalů je konečnou fází výroby. U nás se pivo stáčí do cisteren pro dislokované stáčírnny a do sudů, lahví (skleněných a plastových) a plechovek pro vnitřní obchodní síť i pro export. Při stáčení je nutné zamezit ztrátám oxidu uhličitého, aby neutrpěla kvalita piva. Dalším požadavkem je nutnost zamezení styku piva s kyslíkem, a proto se v moderních linkách stáčí pivo pod tlakem oxidu uhličitého nebo dusíku do obalů předplněných plynem. Neméně důležitým požadavkem je zajištění dokonalé sanitace všech zařízení, která s pivem přicházejí do styku. Sestavu strojů a zařízení, funkčně seřazenou,



od myčky lahví a KEG sudů, propojenou dopravníky (lahví, přepravek a palet), určenou k zajištění operací spojených s plněním lahví, v rozsahu od vstupu prázdných lahví až po výstup plných lahví (v přepravních obalech nebo na paletách), nazýváme souhrnně lahvářenskou linkou.

Historicky bylo pivo dodáváno zákazníkovi v ležáckém sudu, ve kterém dokvášelo. V Československu se v 60. letech 20. století dřevěné sudy na pivo měnily za hliníkové, v 90. letech v ČR potom za vratné nerezové KEG sudy.

### 3.4 Druhy a rozdělení pív

Současné platné označení stupňovitosti piva je založeno na obsahu extraktu v původní mladině (EPM). Např. EPM 10 znamená, že v 1 kg piva je 100 g zkvasitelného extraktu a 900 g vody.

Postupem času se vyhranily dva hlavní typy pív, lišící se způsobem kvašení: piva spodně kvašená a piva svrchně kvašená. Při výrobě spodně kvašených pív kvasnice postupně klesají ke dnu kvasné nádoby, kde vytvoří kompaktní vrstvu, u svrchně kvašených pív jsou kvasnice na konci kvašení vynášeny k povrchu. V České republice se vyrábějí převážně spodně kvašená piva (ačkoliv produkty svrchního kvašení, piva typu „Ale“, začínají být hodně populární). Základním druhem je tzv. pivo českého (plzeňského) typu, které je reprezentováno světlým ležákem.

**Podle obsahu EPM** se piva dle vyhlášky č. 335/1997 Sb. (provádí zákon č. 110/1997 Sb.) dělí na:

- stolní – do 6,99 % extraktu původní mladiny,
- výčepní – 7,00–10,99 % extraktu původní mladiny,
- ležáky – 11,00–12,99 % extraktu původní mladiny,
- speciální – nad 13,00 % extraktu původní mladiny.

Z ostatních **pív určených ke speciálním účelům** jmenujme např.:

- **Pivo se sníženým obsahem alkoholu** – obsahuje alkohol nejvýše do 1,2 % objemových (1 % hmotnostních). Toto pivo nesmí být požíváno řidiči.
- **Nealkoholické pivo** – s obsahem alkoholu nejvýše 0,5 % objemových (0,4 % hmotnostních). Je vhodné i pro řidiče.
- **Pivo se sníženým obsahem cukrů (dia-pivo)** – hluboce prokvašené pivo s obsahem zatěžujících sacharidů nejvýše 7,5 g/l a bílkovin 4,0 g/l. Je určeno převážně pro diabetiky.
- **Pšeničné pivo** – pivo vyrobené s podílem extraktu pšeničného sladu vyšším než jedna třetina hmotnosti celkově dodaného extraktu.
- **Kvasnicové pivo** – pivo vyrobené dodatečným přídatkem malého podílu rozkvašené mladiny do hotového piva v průběhu stáčení. Obsahuje rozptýlené živé kvasinky.
- **Bylinné pivo** – pivo vyrobené s přídatkem části bylin, dřevin nebo jejich extraktů.
- **Ovocné pivo** – pivo vyrobené s přídatkem ovoce, např. višňi, nebo jeho extraktů.
- **Ochucená piva** – především v Belgii a Holandsku jsou velmi oblíbené varianty s různými ovocnými příchutěmi, ale např. i vanilkovou či čokoládovou. V německy mluvících zemích zase vznikl zvyk míchání piva s limonádou, tzv. radler.
- **Pivní speciály** – za zmínku stojí kromě pšeničných speciálů 14° a 16° především nové pivo skotského pivovaru Brewmeister Brewery, které má 65 % alkoholu a nese příznačný název Armageddon. Výrobci pivo mrazí a následně odstraňují led vzniklý v nápoji. Postupně tak v nádobě začíná převládat alkohol, který nemrzne.

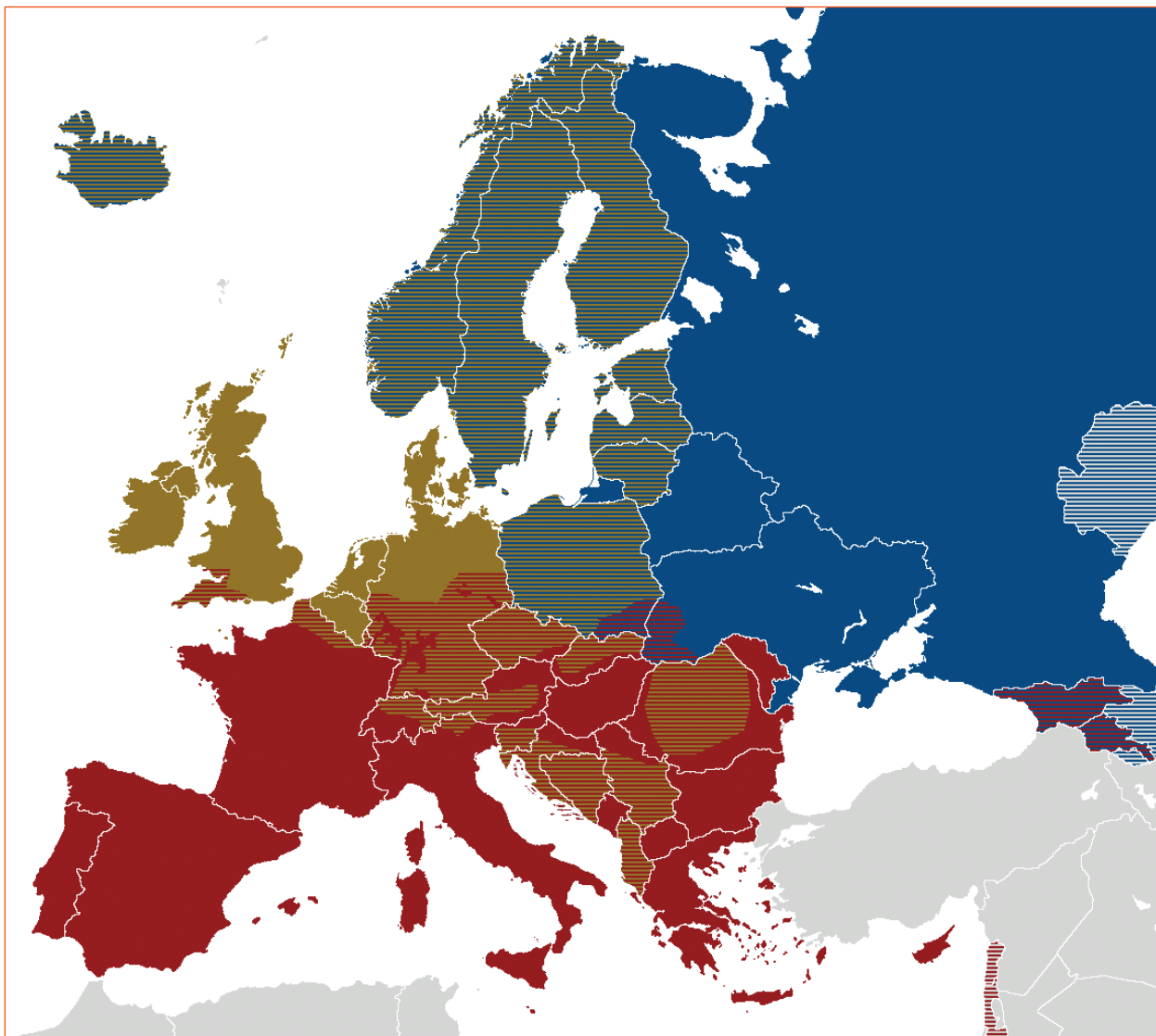
**Postupy při výrobě nealkoholických a nízkoalkoholických pív** lze rozdělit do dvou skupin. Prvou skupinu tvoří receptury, které omezují tvorbu alkoholu při výrobě, druhou pak postupy, které alkohol z běžného

piva šetrnou cestou odstraňují. První skupina je ekonomicky méně náročná, patří mezi ně např. zkvašování mladiny s nízkým obsahem sacharidů, který se zajistí použitím sladů s malou aktivitou  $\beta$ -amylasy. Dále může probíhat smíchání piva s nezkvašenou mladinou čili jakési naředění alkoholu; využití inhibičního účinku tlaku na množení a metabolismus kvasinek, nebo imobilizace kvasinek (regulace doby styku mladiny s kvasinkami – zkrácení doby fermentace).

Náročnějším procesem jsou technologie s využitím speciálních zařízení na odstraňování alkoholu: destilace alkoholu, vakuová destilace, odstranění alkoholu pomocí reverzní osmózy (membránové procesy).

Také v případě výroby nealkoholického nebo nízkoalkoholického piva nehrají důležitou roli jen technologie, ale i lidský faktor – především zkušenosti sládků. Ne nadarmo se říká, že výroba piva je uměním – a u piv s redukováným obsahem alkoholu to platí stoprocentně.

Česká republika je v pravém slova smyslu srdcem Evropy, kde se v průběhu věků střetávaly kultury různých národů (Obrázek 3.6). Je zajímavé, že na území našeho státu se potkaly a udržely tradice vaření a pití piva (sdílíme ji se zeměmi západu a severozápadu Evropy) s kulturou pěstování vinné révy a výroby vína (typická pro jih Evropy) i s výrobou destilátů (společná pro Karpaty, státy bývalého Sovětského svazu a Skandinávii).



**Obrázek 3.6** Alkoholové zóny v Evropě. Na jihu převládá spotřeba vína (červená), na severozápadě konzumace piva (žlutá) a severovýchod je známý oblibou destilátů (modrá). Ve střední Evropě se všechny tři zóny prolínají. Zdroj: Wikipedie

## Literatura

- Arora, D. K. (ed.) (2004): Handbook of Fungal Biotechnology, 2nd Edition. Mycology Series, vol. 20. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4018-1.
- Arora, D. K. (ed.) (2004): Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Mycology Series, vol. 21. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4770-4.
- Basařová, G., et al. (2015): Sladařství: Teorie a praxe výroby sladu. Havlíček Brain Team, Praha. ISBN 978-80-87109-47-2.
- Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T. (2010): Pivovarství: Teorie a praxe výroby piva. VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-734-7.
- Custers, R. (2006): Průvodce biotechnologiemi: biotechnologie v zemědělství a potravinářství. Academia, Praha. ISBN 80-200-1350-4.
- Daniels, R. (1996): Designing Great Beers. The Ultimate Guide to Breewing Classic Beer Styles. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 0-937381-50-0.
- Hieronymus, S. (2012): For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness, and the Culture of Hops. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 978-1-938469-01-5.
- Chládek, L. (2007): Pivovarnictví. Grada, Praha. ISBN 978-80-247-1616-9.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. et al. (2012): Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.
- Mallett, J. (2010): Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 978-1-938469-12-1.
- Palmer, J. J. (2006): How to Brew. Everything you need to know to brew beer right the first time. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 978-0-937381-88-5.
- White, C., Zainasheff, J. (2010): Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 978-0-937381-96-0.
- Zainasheff, J., Palmer, J. J. (2007): Brewing Classic Styles. Brewers Publications, Boulder, CO, USA. ISBN 978-0-937381-92-2.





„Víno povzbuzuje ducha, rozněcuje srdce, zbavuje neklidu, vyvolává veselí.  
Chudý se pokládá za bohatého, černé chmury a starosti se rozplývají,  
i čelo se vyjasňuje.“

(Ovidius, přelom letopočtu)

## 4 VINAŘSTVÍ

### 4.1 Historie vinohradnictví a vinařství

**Vinařství** je potravinářské výrobní odvětví zabývající se zpracováním hroznů révy vinné (*Vitis vinifera*) na révová neboli hroznová vína a na vedlejší výrobky. Technologicky navazuje na **vinohradnictví**, obor rostlinné zemědělské výroby, které se zabývá pěstováním stolních odrůd révy vinné, určených k přímé spotřebě, a moštových odrůd révy vinné, určených k výrobě révových vín.

Víno je **prastarý a ušlechtilý nápoj**, který při mírném pití působí příznivě na lidské zdraví. Zaslouží si, aby bylo používáno kulturně, přiměřeně, s chutí a radostí. V historii lidstva je jeho výroba a konzumace doložena od dávnověkých obyvatel Mezopotámie, starého Egypta, přes antické Řecko a Řím a středověkou Evropu a dochovala se až k dnešním dnům.

**Počátek pěstování a zpracování révy vinné (Obrázek 4.1)** lze vysledovat v oblasti Kaspického moře (dnešní Gruzie, Arménie, kde vykopávky odhalily nejstarší vinařství z období 4100 let př. n. l.). Odtud se rozšířilo do Malé Asie, Íránu, Afgánistánu, Číny a Indie. Egypťané již 3200 let př. n. l. dávali zemřelým do hrobů džbány naplněné vínem, o kterém věřili, že je darem boha Osirise. O vínu je zmínka i v Chamurappiho zákoníku. Dále se pěstování vína přeneslo do Palestiny, později do Řecka, kde vládlo přesvědčení, že se jedná o dar boha Dionýsa. Etruskové víno přinesli do Itálie, kde byla vysoká kvalita jeho výroby udržována Římany, kteří je oslavovali při bakchanáliích. Později došlo v Evropě k úpadku vinařství, jeho obnova přišla až v 8. století ve Francii. Do historie vinařství zasáhl i Louis Pasteur, který v roce 1857 pomohl odhalit příčinu kažení vína ve špinavých sudech, tj. podstatu octového kvašení vína.

Pěstování révy vinné na území českých a moravských zemí je archeologickými nálezy (vinohradnické nože) podloženo od 2.–3. století. Bylo zavedeno Kelty, nové odrůdy přinesli římské legionáři a vzápětí Slované. Velkomoravští vladaři tuto činnost podporovali, ale k rozšíření vinařství v široké míře došlo až za vlády Karla IV., který měl víno v oblibě z Francie a přivezl do Čech např. burgundské šedé. Svým výnosem z roku 1358 nařídil zakládání vinic na jižních svazích v okolí Prahy a majitele osvobodil na 12 let od daní. Ve středověku byly vinice vysazovány zejména na pozemcích patřícím klášterům, šlechtě a měštům. Největší rozlohu měly u nás vinice za vlády Rudolfa II. (40 tisíc ha, dnes asi polovinu). Během třicetileté války byly vinice silně poškozeny a k rozkvětu vinařství znovu došlo až v první polovině 19. století. Úpadek koncem 19. století byl způsoben hlavně epidemiemi vřetenatky révové, padlí a mšičky révokazu.

Pěstování vinné révy je podmíněno vhodnými klimatickými a geologickými podmínkami. Francouzské přísloví říká, že odrůda je matkou vína, půda a poloha jsou otcem vína a ročník je jeho osudem. K nejvýznamnějším vinařským zemím patří Itálie, Francie, Španělsko a Portugalsko v Evropě, v zámoří potom Argentina, Austrálie, Chile, Jihoafrická republika, USA a Nový Zéland.

### 4.2 Charakteristika a rozdělení odrůd révy vinné

**Réva vinná** (*Vitis vinifera*) je rostlina z čeledi révovitých (*Vitaceae*). Její zralé plody (bobule) se používají především jako surovina pro výrobu vína a dalších nápojů, ale též k přímé konzumaci. Původní volně rostoucí **réva lesní** (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) vykazuje velkou rozmanitost v chuti, barvě, velikosti i tvaru bobulí. Díky jejímu vysokému stupni heterozygotnosti mohly postupně vzniknout tisíce kulturních odrůd révy vinné (*Vitis vinifera* ssp. *sativa*), ať již samovolným křížením nebo šlechtěním.

Réva vinná je liána, pnoucí se po oporách, k nimž se přichycuje úponky. Mají-li možnost, pak jedinci divokých odrůd mohou ve volné přírodě dosahovat výšek až 30 m, přičemž průměr kmene u země může dosáhnout 15–25(40) cm; jsou popsány případy, kdy rostlina dosáhla výšky až 43 m. Jedinci kulturních odrůd na vinicích, které vinaři nenechávají dožít takového stáří, se pravidelně tvarují a dorůstají výšky nejvýše 4 m při průměru kmene do 10 cm. Za největší a nejstarší plodící exemplář na světě je považována





**Obrázek 4.1** Réva vinná (*Vitis vinifera*) před sklizní – Vinselekt Michlovský, Rakvice. Foto: B. Mieslerová

réva vinná odrůdy Black Hamburg, kterou za svého působení v zahradách Hampton Court u Londýna v roce 1768 vysadil věhlasný zahradní architekt Lancelot „Capability“ Brown.

Nejdůležitější chemickou složkou bobulí hroznů jsou cukry a organické kyseliny. Obsah cukru se pohybuje od 10 do 24 % a je závislý nejen na odrůdě (kultivaru), ale i na klimatických a půdních podmínkách



daného ročníku a jeho zralosti. Cukr je tvořen převážně glukózou a fruktózou ve stejném poměru. Z organických kyselin převládá v dužině hroznů kyselina vinná, dále jsou přítomny kyselina jablečná, citronová a další. Dalšími chemickými složkami hroznů jsou třísloviny, tuky, dusíkaté látky, minerální látky, barviva a aromatické látky. Slupka bobulí bývá různě zbarvena a na jejím povrchu je tenká kutikula, vosková vrstva zabraňující odpařování vody. Barviva a aromatické látky ze slupek ovlivňují odrůdový charakter, chuť i vůni budoucího vína. Slupky mají vysoký obsah polyfenolů, zejména modré odrůdy.

**Rékové víno** je nápoj vyrobený částečným nebo úplným zkvašením rmutu či moštu připraveného z hroznů révy vinné. Kulturní, cíleně pěstované odrůdy révy vinné se rozdělují na dvě skupiny odlišující se využitím.

**Stolní odrůdy** jsou svým příznivým sensorickým charakterem a obsahem cenných nutričních složek, včetně vitamínů, určeny převážně pro přímou konzumaci jako ovoce a jen v malé míře se používají při výrobě révových vín.

**Moštové odrůdy** jsou hlavní surovinou pro výrobu révových vín a zahrnují odrůdy se zbarvením zralých hroznů do různých odstínů zelené, červené a modré barvy. Obvykle se rozdělují na odrůdy určené pro výrobu bílých vín, k nimž patří odrůdy se světle žlutozelenými, růžovými nebo červenými hrozny, a na odrůdy určené pro výrobu červených vín, k nimž patří odrůdy s modrou barvou hroznů. Růžová vína se vyrábějí z červených či modrých hroznů speciálními technologiemi; jejich obliba vzrůstá.

K nejvýznamnějším odrůdám **pro výrobu bílých vín** pěstovaným v České republice patří Aurelius, Děvín, Chardonnay, Irsay Oliver, Muškát moravský, Muškát Ottonel, Müller-Thurgau, Neuburské, Pálava, Rulandské bílé, Rulandské šedé, Ryzlink rýnský, Ryzlink vlašský, Sauvignon, Sylvánské zelené, Tramín červený, Veltlínské červené rané a Veltlínské zelené. Mezi modré odrůdy **pro výrobu červených vín** patří Alibernet, André, Cabernet Sauvignon, Frankovka, Modrý Portugal, Neronet, Rubín, Rulandské modré, Svatovavřínecké, Zweigeltrebe.

Podle zralosti hroznů zpracovávaných při výrobě vína a s ní souvisejícího obsahu cukrů **rozlišuje současný vinařský zákon** (č. 321/2004 Sb.) rékové víno stolní, rékové víno jakostní a rékové víno s přívlastkem (kabinet, pozdní sběr, výběry z hroznů).

#### Třídění révového vína:

- a/ stolní víno (od 11° cukernatosti NM\*)
- b/ zemské víno (od 14° cukernatosti NM)
- c/ jakostní víno (od 15° cukernatosti NM)
- d/ jakostní víno s přívlastkem – kabinet (od 19° cukernatosti NM)
  - pozdní sběr (od 21° cukernatosti NM)
  - výběr z hroznů (od 24° cukernatosti NM)
  - výběr z bobulí (od 27° cukernatosti NM)
  - výběr z cibéb (od 32° cukernatosti NM)
  - ledové víno (sklizení při teplotách  $-7^{\circ}\text{C}$  od 27° cukernatosti NM)
  - slámové víno (na slámě či rákosu od 27° cukernatosti NM)
- e/ šumivé víno (druhotné kvašení)
- f/ perlivé víno (sycení  $\text{CO}_2$ )
- g/ aromatizované víno (byliny, koření, doalkoholizování)
- h/ likérové víno (směs hroznového moštu, vína a vinného destilátu)
- i/ víno originální certifikace (vyrobena na menším území, než je vinařská oblast i podoblast)
- j/ nealkoholické víno (**není prozatím zakotveno v zákoně**).

\* stupně normalizovaného moštoměru

## 4.3 Výroba přírodních vín

### 4.3.1 Sklizeň

Výroba vína začíná **sklizní (sběrem) hroznů**. Hrozny révy vinné v našich klimatických podmínkách a zeměpisné poloze dozrávají ojediněle **koncem srpna, v září a v říjnu**, kdy se sklízí, s výjimkou výběru z bobulí a ledových sběrů. Období sklizně hroznů se nazývá **vinobraní**. Česká republika spadá k severním vinařským oblastem, a proto můžeme konkurovat jižním vinařským státům pouze ovocitostí. Jakostních přívlastkových vín můžeme dosáhnout jen pozdějším sběrem hroznů.

Hrozny se sklízí v našich vinařských oblastech zpravidla **v plné zralosti**, neboť vína z předčasně sklizených hroznů jsou většinou kyselá, s drsnou a neharmonickou chutí. Je-li podzim suchý a teplý, nechávají se hrozny zrát co nejdéle, aby se dosáhlo co nejvyšší cukernatosti. Pouze modré odrůdy se nenechávají přezrát, aby nedocházelo k rozkladu barviv. Těsně před sklizní přibývá chorob, škodí ptactvo i nepřízeň počasí. V průběhu zrání již bobule nenarůstají, ale mění svou barvu, slupka se stává průsvitnou nebo odrůdově barevnou a bobule zaměká, obsah cukru se zvyšuje a ubývá kyselin. Z přezrálých hroznů se vyrábějí vína s přívlastkem vyšších jakostních stupňů (výběr z bobulí, výběr z cibéb aj.).

Vnější známkou **zralosti hroznů** je jejich zabarvení (podle odrůdy), dostatečné změknutí bobulí a částečné zdřevnatění hroznové stopky. Spolehlivějším znakem pro posouzení zralosti je obsah a poměr cukru a kyselin. Během září v hroznové šťávě nápadně přibývá cukru a ubývá kyselin, až je dosaženo jejich správného poměru. V plné zralosti mají mít hrozny 17–22 % cukru (podle odrůdy). Hrozny se mají sbírat za sucha a stříhají se nůžkami. Pořadí sklizených odrůd má odpovídat jejich ranosti. U větších vinic se využívají sklízecí vany, vyvážecí traktorové vidle nebo velkoobjemové bedny vyvážené lehkými traktorovými návěsy. Sklizené hrozny se dopravují do zpracovatelských závodů k **přejímce hroznů** v různých obalech (přepravky, kádě, sudy, nákladní vozy) podle místních zvyklostí. Při skládce hroznů se zjišťuje hmotnost na poloautomatických váhách, automatických váhách, popř. na moštových váhách. K dalšímu zpracování se hrozny posouvají pásovými nebo šnekovými dopravníky v kombinaci se rmutovými či peristaltickými čerpadly.

Dále se při přejímce stanovuje **průměrná cukernatost** a jakost podle zdravotního stavu, odrůdy a obsahu cukru. Za účelem stanovení cukru se odebere z různých keřů a z různých míst vinice několik hroznů, otrhají se bobule, rozmačkají a vylisují. Získá se tím mošt, který se nalije do odměrného válce, a pomocí moštoměru se zjistí obsah cukru. Cukernatost se vyjadřuje ve **°NM (normalizovaný moštoměr)**, které udávají množství cukru v kg na 100 l moštu, nebo ve **°KMW (klosterneuburský moštoměr)**, udávajících množství cukru v kg na 100 kg hroznů v procentech hmotnostních při 20 °C. Kyseliny se mohou stanovovat titračně. Je možné všechny tyto hodnoty zjišťovat na speciálních přístrojích spektrofotometricky. **Snadné a rychlé stanovení množství cukru** a obsahu kyselin v moštech je velmi důležité již během dozrávání hroznů a zejména v době sklizně a zpracování hroznů. Přeslazené mošty špatně prokvášejí anebo mají nepřírozně vysoký obsah alkoholu a ještě značné množství zbytkového cukru ve víně. Z málo doslazených moštů vzniká víno s nedostatečným obsahem alkoholu, a tím méně kvalitní.

### 4.3.2 Úprava hroznů před lisováním

Zásadou by mělo být, že sklizené hrozny se ve stejný den zpracují. Příprava hroznů před lisováním se dělí na následující kroky:

1. třídění hroznů,
2. drcení a odzrňování (odstopkování),
3. nakvášení rmutu.

Hrozny se ihned po sběru **třídí**, tj. oddělují se zdravé od poškozených (hnilobou, ptactvem, plísní, znečištěné hlínou). Třídění hroznů modrých odrůd je o něco přísnější než u bílých odrůd.

Dalším úkonem je odstopkování a drcení, které se provádí, aby se při lisování hroznů dosáhlo co největších výtěžků moštu (**rmutu**). Hrozny se odstopkují (odzrňují), tj. oddělují od třapin (stopek), které v severních oblastech pěstování révy dostatečně nevyzrávají a zůstávají zelené, pak až následuje drcení (mletí) bobulí. Nesmí se rozmačkat třapiny, z nichž by do rmutu přešla nežádoucí šťáva obsahující chlorofyl a třísloviny, které mu dávají nepříjemnou trpkou a travnatou příchutí. Při malém množství hroznů se mohou bobule od třapin oddělit otrháním (což je pracné) anebo pomocí síta (otvory 2 cm). Daleko pohodlnější a rychlejší je používání různých typů malých mlýnků nebo odzrňovačů s ručním nebo elektrickým pohonem.

**Jednoduché mlýnky** hrozny pouze rozdrťí a třapiny se oddělují pomocí síta, **elektrické mlýnky** rozdrťí hrozny a následně oddělují třapiny. Čím lépe se bobule rozdrťí, tím je vyšší výtěžek moštu. Mlýnek musí být seřízen tak, aby nedocházelo k porušení semen a třapin. Odzrňování se dělá na různých typech vystíracích či odstředivkových odzrňovačů, v nichž se v perforovaném válci zachycují třapiny, kdežto **rmut** jím protéká do sběrné nádrže. Stroje, které umožňují mlýnkování a odzrňování najednou, se nazývají mlýnkoodzrňovače. Vína z odstopkovaných rmutů jsou chuťově jemnější a jakostnější, hůře se však lisují a pomaleji se čistí, neboť obsahují méně tříslovin.

Velmi výhodné je rmut před lisováním **scedit**, čímž se jeho objem zmenší o 30–50 %, a tím se usnadní a zrychlí lisování. Slouží k tomu scezovací nádrže nebo upravené kádě. Scezený rmut je nutné rychle zpracovat.

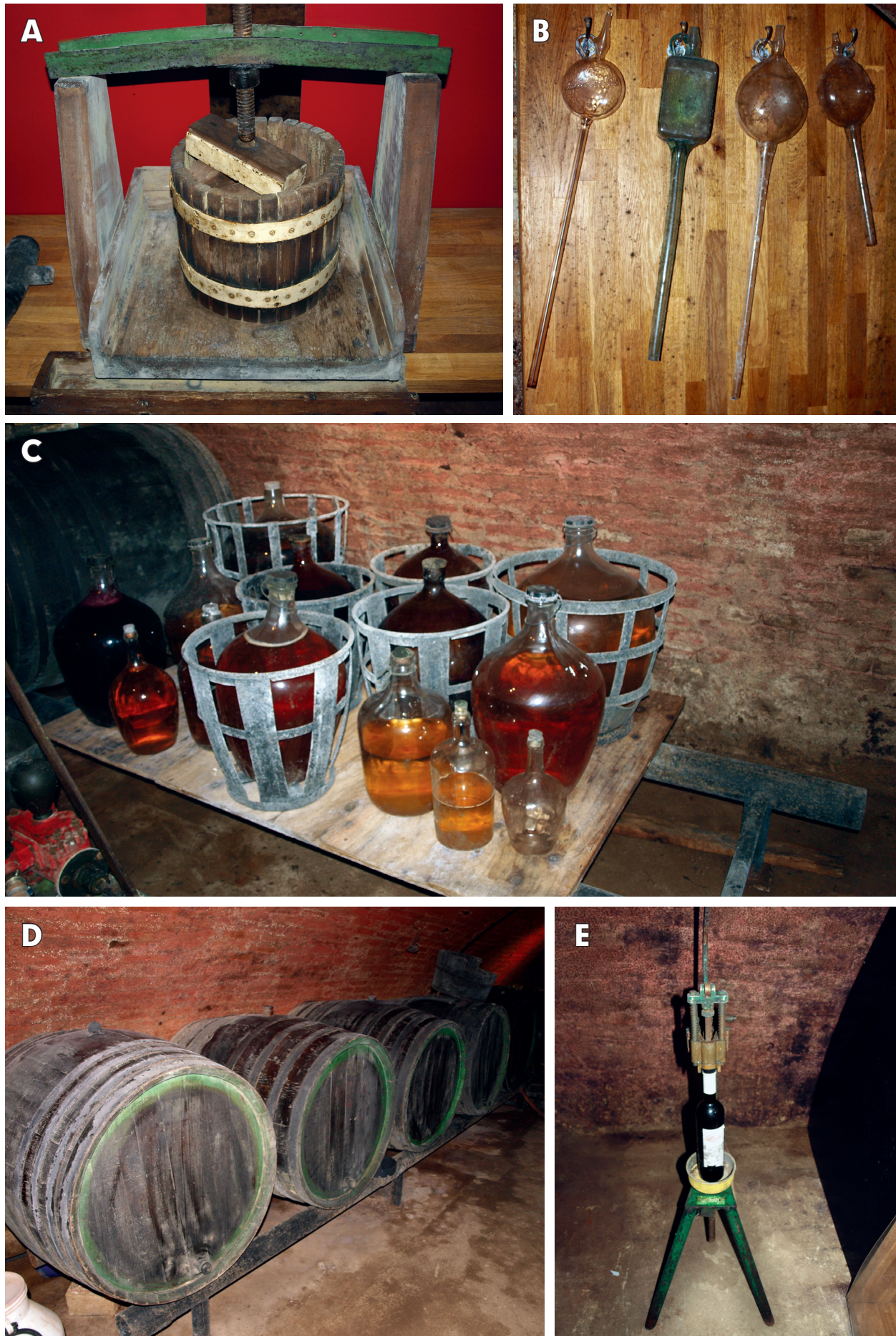
Jedním z vinařsky důležitých postupů je také **naležení (nakvášení)** rmutu. Rmut určený pro výrobu bílého vína (tj. rmut z bílých, zelených, červených a šedých hroznů) se nenakváší, lisuje se ihned. Krátkodobé naležení rmutu (např. 12–24 hodin) se doporučuje jen u některých aromatických bílých odrůd (Muškát Ottonel, Tramín, Sauvignon, Pálava, Müller Thurgau aj.), aby se výrazné odrůdové (terpenové) aroma dostalo ve větší míře do moštu. Nakvášení rmutu z modrých odrůd je však bezpodmínečně nutné pro získání červeného vína, kde je barvivo ve většině případů obsaženo jen ve slupkách. Pro nakvášení mají být hrozny bezpodmínečně odzrňené a zdravé. **Rmut z modrých odrůd** se nakváší podle stavu a barvy kolem **10–14 dnů**. Je nutné soustavné promíchávání rmutu, kterým se urychlí průběh kvašení a přispěje se k důkladnému vyluhování barviv i tříslovin. Ve velkých podnicích se používají nerezové tanky (vinifikátory) s různými míchacími zařízeními (např. rotující spirála šnekovitého tvaru). V maloprodukcí je nutné potápět **rmutový koláč** (syn. **matolinový klobouk**) tak často, nejlépe každou 4.–6. hodinu, aby nedošlo k octovatění a plesnivění. Lépe se barviva vyluhují v alkoholu, proto je možné na rozkvašený rmut nalít hotové zdravé červené víno v takovém množství, aby obsah alkoholu činil 4 objemová %, tzv. kvašení přes 4. Nejčastěji se nakvašuje při teplotě 24–30 °C v závislosti na zpracovávané odrůdě. K dokonalému vyluhování se může rmut také přihřívát. Důležité je, aby drť byla ihned rozkvašena a nemohlo tak docházet k šíření a vysokému podílu vázaného SO<sub>2</sub>.

**Růžové víno** neboli **rosé** se nejčastěji vyrábí z odrůd modrých hroznů metodou krátkého naležení rozemletých hroznů (rmutu). Rmut z modrých hroznů se nechává naležet zpravidla jen 4–12 hodin, aby se ze slupek uvolnilo pouze potřebné množství červeného barviva. Pak se mošt od slupek oddělí a dále je s ním nakládáno stejně jako při výrobě bílého vína. Obdobného efektu lze dosáhnout i lisováním celých hroznů.

### 4.3.3 Lisování

**Lisováním** se oddělí světlý mošt nebo mladé červené víno od tuhých částí rmutu. V malovýrobě se nejvíce používají **vřetenové košové lisy**, často vylepšené klínozápadkovou hlavicí. Po naplnění rmutem se koš uzavře poklopem, na který se narovnají vždy po dvou a křížem podklady, na které se opře tlakové ústrojí lisu. Ve velkovýrobě se nejčastěji používají **hydraulické lisy** (tlakové zařízení se skládá z čerpadla a válce s tlačným pístem) nebo **pneumatické lisy** (skládají se z rotačního koše z nerezové a centrální nebo boční membrány). Při lisování u všech typů lisů je důležité, aby nebyla zbytečně zvyšována výlisnost neúměrně vysokým tlakem na konci procesu. Cílem není získání co největšího množství, ale získání optimálního množství kvalitního moštu.





**Obrázek 4.2** Tradiční nástroje používané pro výrobu vína: (A) deskový lis; (B) košťýře; (C) skleněné demižony; (D) dřevěné sudy; (E) tradiční zátkovačka – Muzeum vinařství, Vinařství Paulus, Pavlov. Foto: B. Mieslerová



Předpokládá se, že z celkového vylisovaného množství moštu bývá cca 40–50 % **samotoku** (scezeného moštu, který odtéká dříve, než se začne lisovat), který obsahuje nejvíce cukru a kyselin. Dále cca 20 % moštu z **prvního lisování (střed)**, pocházejícího převážně z dužniny v blízkosti slupek, který obsahuje ještě dost cukru, méně kyselin a nejvíce aromatických látek. Dalších 5–10 % moštu je z **druhé lisování**, tento mošt pochází z pevných částí dužniny, takže obsahuje méně cukru a více tříslovin. Samotok a střední mošt se dávají zpravidla dohromady, kdežto **dotazky** (z lisování), které mají hrubší chuť, zvlášť. Pro výrobu vybraných speciálních a zpravidla velmi drahých značek vín je dokonce podmínkou, aby víno bylo získáváno pouze kvašením samotoku. Ze 100 kg hroznů se získá obvykle 90 l rmutu, tj. 65–75 l moštu.

Lisují-li se celé, tedy nerozmačkané **modré hrozny mírným tlakem**, získá se tzv. **klaret**, tj. bílé víno z modrých hroznů. Dužnina většiny modrých hroznů je totiž stejně světlá jako dužnina bílých odrůd. Hodí se zejména pro přípravu sektů. Lisují se jen mírně na získání 30–40 % bezbarvého nebo mírně narůžovělého moštu. Teprve po tomto částečném odlisování se hrozny rmutují a zpracovávají dále na červené víno obvyklým způsobem.

Na tomto místě lze zmínit možnost výroby **matolinového vína (druhák)**. Jde o lepší využití odpadu po lisování (**matolin**), zůstává v něm asi 10–15 % moštu. Na rozdrobené matoliny se nalije studená voda a pak se nechají 1–2 dny naležet, přičemž se promíchávají. Po nakvašení se matoliny vylisují, ke šťávě se přidá 6–12 kg cukru na 100 l a vše se nechá kvasit. Je možné použít bílé i červené matoliny. Zákon povoluje výrobu matolinového vína jen pro vlastní spotřebu, prodej matolinového vína je zakázán.

#### 4.3.4 Úprava révového moštu

Mezi nejznámější úpravy révového moštu patří **přislazování, odkyselování, odkalování, síření a provzdušňování**.

Za nepříznivých klimatických podmínek hrozny dostatečně nevyzrávají a mošty **nemají předepsanou cukernatost**. V takových letech se mošt **přislazuje**, nejčastěji se tak děje řepným cukrem nebo zahuštěným moštem. Vypočítaná a navážená dávka cukru se rozpustí v menším množství moštu a celý obsah se řádně zamíchá. Rozpouštění cukru ve vodě je zakázáno, také se nikdy nesype cukr rovnou do sudů s moštem, protože by se dokonale nerozpustil.

Pokud je mošt příliš kyselý, provádí se jeho **odkyselování**, nejčastěji čistým **uhličitanem vápenatým**. Toto zmírňování kyselosti se provádí jen u příliš vysokého obsahu kyselin; je nutno si uvědomit, že uhličitanem vápenatým se váže jen kyselina vinná. Dalším způsobem je průtok přes vrstvu anexu, popř. mísení kyselých moštů s méně kyselými (tzv. scelování). Poněvadž se kyseliny odbourávají i během kvašení, je výhodné provádět odkyselování až po vykvašení, např. jablečno-mléčné kvašení mění kyselinu jablečnou na mléčnou. Někdy se mošty i **okyselují** zpravidla přidáním kyseliny vinné.

Vylisovaný mošt obsahuje různé kalicí látky, které je důležité odstranit ještě před kvašením. Mechanicky se mošt **odkaluje** statickou sedimentací, odstředěním nebo filtrací. Staticky lze odkalit zchlazením (12–14 hodin) na 5–10 °C a poté čistý mošt stáhnout do kvasných nádob. „Chemicky“ se odkaluje tím, že se mošt plní do zasířených sudů nebo se v nich zasíří jednou tabletou disiřičitanu draselného, nechá se usadit (až 24 hodin) a stočí se do jiného, nesířeného sudu. Výhodné je spojit odkalování s ošetřením bentonitem. Pozor, ostře odkalené mošty někdy kvasí pomaleji.

**Síření** slouží k ochraně moštu před bakteriální a plísňovou kontaminací, před oxidací a před jinými vadami. Je ale lepší mošt rozkvasit co nejrychleji, abychom se síření vyhnuli a předešli tak zvýšenému obsahu vázaného SO<sub>2</sub>. Oxid siřičitý totiž působí v moštech redukčně a konzervačně. V mikroflóře moštu sice potlačuje divoké kvasinky, a tím vytváří lepší podmínky pro kvašení kulturními kvasinkami. Kvasinky jsou na přítomnost kyseliny siřičité méně citlivé než ostatní mikroorganismy. K potlačení činnosti bakterií, plísní a divokých kvasinek stačí dávka 30–50 mg SO<sub>2</sub>/l, k potlačení činnosti vinných kvasinek teprve dávka 200–600 mg SO<sub>2</sub>/l. Vinné kvasinky se snadněji adaptují i na vyšší koncentrace. Z dalších účinků síření

jmenujme alespoň to, že snižuje barvu vín, zamezuje hnědnutí bílých vín, zamezuje ve vínech rozvoji nežádoucích octových bakterií, s aldehydy vytváří SO<sub>2</sub> sloučeniny mající reduktivní buket vína, ale hlavně brání předčasnému vzniku stařiny. Dříve se v praxi sířily všechny mošty, aby se předešlo chorobám a vadám vína, dnes se spíše dbá na rychlé rozkvašení moštu. Síří se použitím pyrosiřičitanu nebo dvojsiřičitanu draselného, buď práškového, v tabletách, tekutého nebo plynného, lze použít i spalování siřných plátek uvnitř nádoby.

**Provzdušňování** se provádí u zdravých moštů skladovaných v nepropustných tancích a nádržích. Prosyčení moštu kyslíkem je nezbytným předpokladem dobré činnosti kvasinek.

#### 4.3.5 Kvašení moštu

**Kvašení** je biochemický proces živých organismů – kvasinek. **Rozkladem sacharidů** vzniká **alkohol a oxid uhličitý**, dále vznikají i četné vedlejší produkty – glycerol, estery, aldehydy, kyseliny. Kvasinky můžeme rozdělit do dvou skupin – **přírodní** (divoké) a **kulturní**. Kvasinky se do moštu mohou dostávat při lisování **z bobulí hroznů** nebo se **přidávají čisté kultury kvasinek**. Vylisovaný mošt lze ponechat samovolně kvasit v sudech, pochází-li ze zdravých a čistých hroznů a pokud nebyly provedeny žádné zásahy, které by mohly ovlivnit jeho přirozenou mikroflóru, která se do něj dostala z hroznů v průběhu lisování. Jestliže byly hrozny sklizeny za chladného, deštivého počasí nebo byly napadeny hnilobou, příp. poškozeny krupobitím, obvykle špatně kvasí, proto je účelné přidat do čerstvého moštu čisté kultury kvasinek. Ve velkovýrobě se dodávají čisté kultury kvasinek vždy.

K zakvášení se v malovýrobě buď dá vyrobit **zákvas**, nebo lze **použít bouřlivě kvasící mošt** z jiné nádoby (**řezání**). Zákvas se vyrábí z předem sklizených dobře vyžralých a zdravých hroznů, které se vylisují. Mošt se zahřeje na 20–30 °C a ponechá se v teple rozkvasit. Bouřlivě kvasící zákvas se pak přidává do většího množství moštu k rozmnožení kvasinek nebo rovnou do sudu, v němž bude mošt kvasit.

Pro kvalitnější průběh celého procesu je výhodnější zakoupit **čisté kultury vinných kvasinek**, které se ovšem musí předem namnožit v malém množství moštu (2–3 l) a s přídatkem cukru. Do zdravých moštů se přidává 1,5–2,5 % zákvasu. Odkalené a případně zasyřené mošty se zakvasí alespoň 3 % zákvasu. Ve vinařství se často používají kmeny kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* (syn. *S. vini*, *S. ellipsoideus*) nebo *S. bayanus* s různými názvy podle původu. Čisté kultury vinných kvasinek se dříve prodávaly v tekutém stavu, dnes se používají výkonné aktivní suché vinné kvasinky (ASVK), které se musí před použitím aktivovat v pěti- až desetinásobném množství moštu. Poté, co se nechají rehydrovat (15 minut), se aktivní kvasinky zamíchají přímo do moštu (cca 10 g/hl). Použitím čisté kultury se získá dokonalý a čistý prokvas, nicméně předpoklad, že použitím čistých kultur se dá vyrobit dokonalé víno i ze špatné výchozí suroviny, je mylný.

Kvašení ve **velkovýrobě** probíhá zpravidla v **nerezových kvasných nádobách**, ke kvašení menšího množství se používají skleněné demižóny různého obsahu nebo menší sudy. Kvasné nádoby se před plněním zkontrolují a zasyřují. Kvasné nádoby se plní do 4/5 obsahu. Vykvašená mladá vína z modrých hroznů se plní do sudů až po zátku a sudy se uzavřou kvasnou zátkou. Kvasné uzávěry umožňují unikání oxidu uhličitého ze sudu, ale zabraňují přístupu vzduchu.

Kvašení má tři fáze – **začátek, bouřlivé kvašení a dokvášení**. V **počátku kvašení** se rozmnožují kvasinky a probíhá to pomalu, nejprve pracují divoké kvasinky, pak jsou při určitém procentu alkoholu (3–5 %) alkoholem potlačeny a začnou se rychle rozmnožovat ušlechtilé vinné kvasinky. Tato fáze trvá 2–3 dny.

Následuje etapa **bouřlivého kvašení** (3.–4. den) a projevuje se vývinem tepla, zvýšením teploty až nad 25 °C a uvolňováním oxidu uhličitého, který částečně strhává i aromatické a těkavé buketní látky. V této fázi kvašení se musí regulovat teplota na rozmezí 18–20 °C a u chladnomilných kmenů kvasinek na rozmezí 12–18 °C. Bouřlivé kvašení trvá několik dnů. Při nižších teplotách trvá kvašení moštu déle (20–30 dnů), ale vyrobená vína jsou kvalitnější. Rozkvašený mošt v době bouřlivého kvašení, kdy ještě



obsahuje více cukru než alkoholu, se nazývá **burčák** (německy příznačně nazývaný „Sturm“). Je to pěnivý, perlivý, voňavý, teplý a mléčně zakalený nápoj. Je dostupný jen ve velmi krátkém časovém rozpětí a každý burčák je dobrý pouze několik hodin (v době kdy tzv. „vaří“). Obsah alkoholu je max. do 7 %. Jeho produkce a konzumace je vázána hlavně na Českou republiku, Slovensko, Rakousko a Německo. Po skončení bouřlivého kvašení se doplňují nádoby postupným dolitím až po zátkovici (dolévá se vínem stejné odrůdy a stejného přívlastku).

**Dokvašování** je poslední fáze kvašení, která nastává po poklesu obsahu cukru na 2–5 g/l a trvá 1–2 měsíce. Činnost kvasinek se postupně omezuje, až zcela ustane, což je dáno zvyšujícím se množstvím alkoholu. Po ukončení kvašení a zastavení produkce oxidu uhličitého začnou kvasinky sedimentovat na dno tanku a usazují se i kaly. Při dokvašování se silně mléčně zakalené mladé víno začíná čistit. Obsahuje značné množství živých a mrtvých kvasinek, bakterií a různých nečistot, které tvoří tzv. kvasničné kaly. Rozklad kvasinek (autolýza) a ležení vína delší dobu na kvasničných kalech dává vínu zprvu kvasničnou příchuť, která se později může měnit v hnusný zápach a příchuť. Proto se mladé víno odděluje od těchto kvasničných kalů **přetočením (stáčením)** do jiné čisté sklepní nádoby. První stáčení probíhá obvykle v době, kdy víno ještě lehce dokváší. Po prvním stáčení z kalů není víno ještě čisté, je proto nutné stáčení vícekrát opakovat. Ve velkoprodukcí se používají různé typy **speciálních filtračních zařízení** (deskové filtry, křemelinové filtry).

Na **průběh kvašení** má velký vliv **dostatečné množství cukru**, ale i **teplota**. Množení a aktivita kvasinek jsou nejlepší v rozmezí teploty 18–22 °C. Avšak teplota nad 20 °C je pro průběh kvašení nevhodná, protože dochází k rychlejšímu prokvašení moštu, a tím ke ztrátám buketu i alkoholu. Nízké teploty jsou příčinou pomalého a nedokonalého prokvašení. Nejvhodnější teplota kvasírny by v době kvašení měla být 15–18 °C, při níž mošty dobře a rovnoměrně kvasí. Lépe kvasí kalné mošty, protože kvasinky se zachycují na částech kalu a neklesají tak rychle dolů.

V mladém víně ještě nastávají četné změny vlivem vytvořeného alkoholu a dalších látek. Začnou se srážet bílkoviny, pektinové látky a vinný kámen (vinan draselný). První **stáčení vína** probíhá z kalů – odstraňují se kvasnice. Podle novějších poznatků by se víno mělo stočit tehdy, když je dokvašené a má vhodný poměr kyselin k ostatním složkám vína. Nelze se řídit tím, že je víno čiré. Vína příliš kyselá, i když jsou čistá, se nemohou stočit z kalů, protože se tím oddálí biologické odbourání kyselin. 6–10 týdnů po prvním stočení vína následuje druhé. Stáčení vína je možné spojit se scelováním, čiřením a filtrací.

Po kvašení se víno ukládá do **zasířených ležáckých tanků nebo cisteren** a ve starých závodech nebo malých soukromých sklepech do **dřevěných sudů**. Ležácké nádoby se dolévají vínem, aby byly stále plné, a tím se zamezilo přístupu vzduchu a kontaminaci. Víno po ukončení kvašení se nazývá **mladé víno**, ležením v tancích zraje. Při stálé a nízké teplotě v ležáckém sklepě dochází k vytváření buketu a k harmonickému vyrovnání sensorických vlastností – vůně a chuť se tzv. zaokrouhlují. **Svatomartinská vína** jsou první vína nového ročníku, která jsou svěží a zrála pouze omezenou dobu. V ČR musí projít hodnocením nezávislé komise a na trh přicházejí 11. listopadu roku sklizně.

### 4.3.6 Formování vína

V období od ukončení alkoholového kvašení do stáčení vína do lahví probíhá zrání vína a přistupuje se k některým zásahům, které jeho kvalitu ovlivňují (**formování vína**). Mezi tyto zásahy patří zrání na kalcích, čiření, stabilizace a filtrace.

Po skončení kvasného procesu **začíná víno zrát**, což se projevuje zlepšující se chutí, vůní a barvou. Víno se čistí a oxid uhličitý pomalu vyprchává. Štěpí se kyselina jablečná, sráží se vinný kámen (vinan draselný). Víno potřebuje při procesu zrání určité množství kyslíku při přetáčení. Větší množství kyslíku urychluje zrání a tím i stárnutí. Dále probíhají procesy samočištění vína, při nichž se srážejí a sedimentují shluky molekul opačného náboje organického i anorganického charakteru (bílkoviny, polyfenoly,

barevné látky, slizy, gumovité látky a kationy kovů i soli kyselin). Víno se pozvolna samovolně čistí. Čištění vína lze urychlit čiřením.

Mošt obsahuje především dvě kyseliny – kyselinu vinnou a jablečnou, v poměru zhruba 1 : 1. Celkový obsah v mladých vínech je v našich oblastech poměrně vysoký, 7–12 ‰. Hotová vína by měla obsahovat asi 5–7 ‰. **Odbourávání kyselin** se děje cestou chemickou i biologickou. **Chemicky** se dá obsah kyselin snížit přidávkem **čistého uhličitanu vápenatého**, který sráží kyselinu vinnou za tvorby vinanu vápenatého. V určitém množství by měla kyselina vinná ve víně zůstat.

**Biologickým procesem** se kyselina jablečná odbourává na kyselinu mléčnou a CO<sub>2</sub> působením mléčných bakterií (např. *Leuconostoc oenos*). Přírozenou cestou se redukuje i obsah kyseliny vinné vysrážením na vinan draselný, tzv. vinný kámen, který se hromadí na dně a odstraňuje se při stáčení kalů. Pokud se vinný kámen neodstraní již v mladém víně, přechází v rozpuštěném stavu s vínem do lahví. Je-li pak víno skladováno za nízkých teplot, vysráží se a klesá ke dnu, což způsobuje vadu vzhledu.

**Čiření vína** je soubor opatření, která zabezpečí čistotu a chuťovou stabilitu vína do doby jeho spotřeby. Tímto procesem se urychluje sedimentace kalických látek přidáváním různých zdravích neškodných čiridel. K odstranění jemných kalových látek z vína lze použít prostředky bílkovinné povahy (želatina, některé kaseináty, vaječný bílek). Princip čiření spočívá v tom, že se v čiřeném víně dokonale rozptýlí jemná vložkovitá látka s velkými adsorpčními vlastnostmi. Mezi látky používané k čiření patří tanin, jedlá želatina, vyzina, agar, kasein, vaječný bílek, kyselina křemičitá, vinné kvasnice, křemelina, kaolin, bentonit, aktivní uhlí. Dalšími způsoby čiření jsou mechanické prostředky jako např. odstřeďování, zchlazení vína na –4 °C po dobu asi 5 dnů, zahřátí a ihned potom zchlazení na 0 °C po dobu 5–10 dnů. Posledním procesem dochází k vysrážení vinného kamene, který vypadne na dno nádoby. Případný nadbytek železitých solí se odstraňuje žlutou krevní solí (hexakvanoželeznatan draselný), která vytváří komplexní sraženinu se železem, tzv. berlínskou modř (Fe<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]<sub>3</sub>), která navíc po reakci s sebou na dno nádoby strhává i jiné koloidní součásti obsažené ve víně.

Na čiření navazuje **filtrace**. Filtrace vína probíhá přes tkaniny z bavlněných vláken, celulózu, křemelinu, která je součástí naplavovacích filtrů, anebo přes uzavřené filtry – tangenciální filtrace, případně deskové filtry. Filtrace se dělí na průtokovou a adsorpční. Při filtrování dochází ke značnému roztříštění vína, které musí opět dosáhnout své stability.

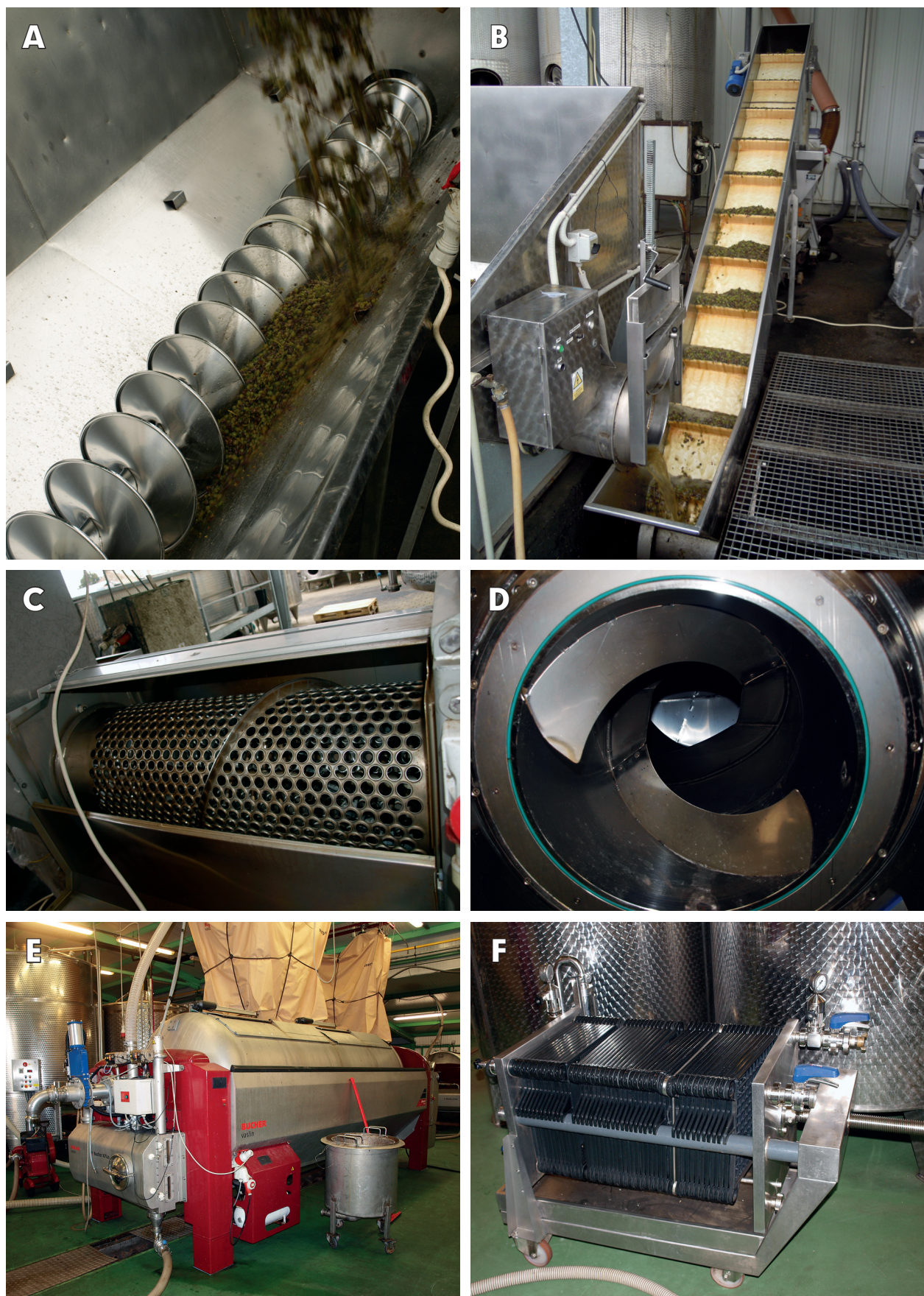
Ke **stabilizaci vína** se přistupuje tak, aby se nerozkrasil zbytkový cukr. Nejčastěji se používá sorban draselný, který inhibuje dýchání (enzymy Krebsova cyklu) kvasinek, plísní a bakterií. Mezi nejškodlivější procesy způsobené dalšími mikroorganismy ve víně patří křísovatění (způsobené kvasinkou *Candida mycoderma*) a octovatění vína, které způsobují bakterie octového kvašení (např. *Acetobacter*).

**Pasterace vína** se provádí opakovaným krátkodobým ohřevem na 60–70 °C v deskových průtokových výměnících tepla s následným rychlým ochlazením. V poslední době se od tohoto procesu způsobujícího rychlé stárnutí vína ustupuje.

Během **skladování** se víno pozvolna mění. Barva červených vín stárnutím snižuje svou intenzitu, vytvářejí se červenohnědé až oranžové odstíny. Obsah alkoholu se příliš nemění, chuť se stává jemnější. U bílých vín není oblíbená vyšší barva, kterou víno dostává po delším ležení v sudech. Běžná konzumní, ale čím dál častěji i bílá vína jakostní se spotřebovávají po svém vyškolení a krátkém vyzrání v sudech nebo v tancích do jednoho roku po vykvašení. Některá zahraniční a v poslední době i některá tuzemská červená vína, obvykle z odrůd, které mají v mládí vysoký obsah taninu, jsou-li z dobrých ročníků a půd, dosahují svého jakostního optima až po několika letech, po deseti a více, a vydrží ve velmi dobré jakosti i několik desetiletí.

**Zrání vína** končí stáčením do lahví. Pokud zrání probíhá v sudech, tak se u bílých vín nedoporučuje více než dva roky, zatímco červená vína mohou zrát v sudech i více let. Je to způsobeno obsahem tříslovin a celkově jiným složením vína. Stáčení probíhá za omezeného přístupu vzduchu nebo za přívodu dusíku.



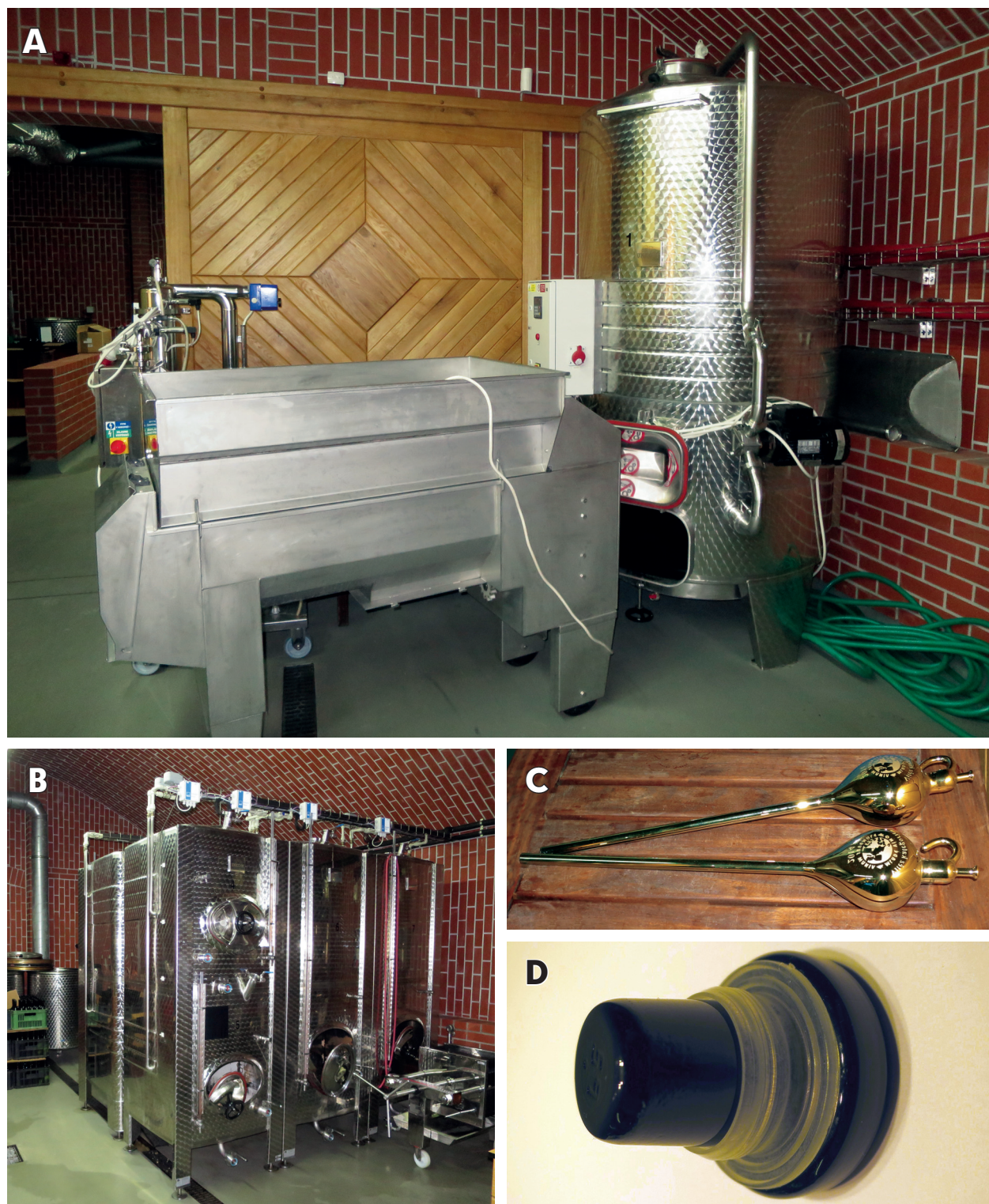


**Obrázek 4.3** Moderní technologie při výrobě vína: (A) přejímka sklizených hroznů pomocí šnekového dopravníku; (B) pásový dopravník na posun hroznů; (C) odstopkovač (zařízení na odstranění třepin od bobulí); (D) pohled dovnitř rototanku (zařízení k nakvácení červeného vína a potápění matolinového koláče); (E) hydraulický lis; (F) membránové deskové filtry; (G) vertikální trubičkové filtry; (H) tanky na školení vína; (I) vakuový rotační filtr na odstranění kvasničných kalů; (J) plnicí linka; (K) zazátkované lahve; (L) etiketovací linka – Vinselekt Michlovský, Rakvice. Foto: B. Mieslerová (A, C–H, K, L), M. Sedlářová (B, I, J)









**Obrázek 4.4** Moderní enologická zařízení a potřeby: (A) vlevo mlýnkoodstopkovač a vpravo vinifikátor pro nakvášení rmutu z modrých hroznů; (B) nerezové tanky se systémem řízeného kvašení; (C) košťýře; (D) detail skleněné zátky s těsněním z plastu – Vinice sv. Kláry, Praha-Trója. Foto: M. Sedlářová

Podle speciálního typu zrání v sudech se rozlišuje typ vína **barrique**. Mladá červená vína se dokvášejí v sudech z dubového dřeva zpravidla o objemu 225 l. Víno po delším ležení (nejméně 6 měsíců) v takových sudech vyluhuje ze dřeva některé příjemné chuťové látky, tzv. elagotaniny. Mírná dřevitá příchut', zejména u červeného vína, je příjemná. Pro výrobu sudů se používají speciální druhy dubů: americký dub bílý (*Quercus alba*) i evropské druhy dubů: dub letní (*Q. robur*), dub zimní (*Q. petraea*). Sudy se vypalují. U barikových vín se hodnotí a rozlišuje aroma získané ze dřeva, aroma, které se transformuje kvasinkami a mléčnými bakteriemi, a nakonec aroma pocházející z autolýzy kvasinek.

Po skončeném školení, kdy je víno optimálně vyzrálé a je ukončen proces tvorby aroma a chuti vína, což většinou trvá nejdéle jeden rok, se provádí závěrečné úpravy hotového vína a poté se víno plní do lahví či jiných expedičních obalů. Závěrečné úpravy hotového vína zahrnují scelování vína, úpravu koncentrace zbytkového cukru, etanolu a kyselin, odkyselování či dokyselování vína, barvení či odbarvování vína, alkoholizování či osvěžování vína.

Vína se někdy **scelují** s jinými vhodnými víny pro vytvoření známkových vín nebo pro zlepšení jakosti základního vína. Scelení vína je věc odborná a vždy se provádí s nějakým záměrem. Vína při scelování ztrácí svoji individualitu, a tak nemáme-li ke scelování důvod, raději ho vůbec neprovádíme.

Dezertní vína je povoleno **přibarvovat kulérem**, **odbarvovat** sířením nebo aktivním uhlím. **Alkoholizování – fortifikace vína** je povoleno pouze u dezertních nebo speciálních vín (Porto, Malaga aj.). **Osvěžování vín** se provádí sycením vína oxidem uhličitým.

U nás se **plní víno** nejčastěji do lahví o objemu 0,5, 0,7 a 1,0 litr, méně často do lahví 0,3 a 0,25 l, případně i menších. Lahve se **zátkují** různým způsobem. Menší počet lahví se zátkuje ruční zátkovačkou, pro větší množství lahví slouží páková korkovačka nebo automatická zátkovačka.

#### 4.4 Nejdůležitější složky vína

Mezi nejdůležitější složky vína patří alkohol, zbytkový cukr, barviva, glycerol, kyseliny a třísloviny.

**Alkohol (etanol)** je látka, která ovlivňuje psychickou pohodu člověka, ale mění i vnímání reality. Podle obsahu alkoholu se vína dělí na několik kategorií:

- Obsah alkoholu pod 10 obj. % – slabá, nevýrazná vína, vyrobená z nevyzrálých hroznů, klimaticky nepříznivého ročníku, ze špatných poloh.
- Obsah alkoholu 10,5–12 obj. % – vína vyskytující se nejčastěji v severní oblasti pěstování révy.
- Obsah alkoholu 12–14 obj. % – silná až ohnivá vína.
- Obsah alkoholu 14–16 obj. % – vína velmi silná, těžká, opojná.
- Obsah alkoholu nad 16 obj. % – zpravidla obsahují určité množství přídavného vinného destilátu, jedná se o speciální vína (portské, dezertní).

Zajímavou novinkou se v poslední době stalo tzv. **nealkoholické víno**, tj. víno, které bylo zbaveno alkoholu. V žádném případě by nemělo být zaměňováno za mošt či jiné ovocné šťávy. Na rozdíl od nich to totiž je skutečné víno, které bylo vyrobeno z klasického vína pomocí následné dealkoholizace (odstranění alkoholu), včetně zachování přirozeného aroma.

V závislosti na míře šetrnosti a vyspělosti dealkoholizačního procesu si toto víno uchovává více či méně originálních atributů vína: od sensorických vlastností, jako je chuť, barva, struktura a vůně, až po pozitivní dopad na lidské zdraví. Existují dva způsoby, jak vyrobit nealkoholické víno, a to **vakuová extrakce** a **buněčná osmóza**.

**Vakuová extrakce** je energeticky velmi náročná, nicméně účinná a vůči vínu šetrná metoda extrakce alkoholu z vína. Tento postup využívá rozdílných teplot vypařování alkoholu a ostatních složek vína. Díky moderní technologii se z původního prostého „ohřívání“ vína, které bylo praktikováno v první polovině 20. století, vyvinul sofistikovaný proces, který při nízkých a pro víno neškodlivých teplotách (řádově do 30 °C) dokáže velice šetrným způsobem oddělit víno a alkohol (**Obrázek 4.5**).

Naopak **buněčná osmóza**, což je určitý typ membránové filtrace, je progresivní a odvážná metoda pro odstranění alkoholu, nicméně zatím nedává uspokojivé výsledky z hlediska sensorických kvalit vzniklého produktu. Nealkoholická vína, která jsou touto metodou získána, mají stále nežádoucí „kompotový“ charakter.



Cukr, který ve víně zbývá po vykvašení, se nazývá **zbytkový cukr**. Podle obsahu cukru dělíme víno v následující kategorie. **Víno přírodní suché** obsahuje do 4 g/l cukru nebo nejvýše 9 g/l, pokud obsah veškerých titrovatelných kyselin není o více než o 2 g/l nižší než obsah cukru. U šumivých nebo perlivých vín mají suchá vína do 15 g/l cukru. **Přírodní víno polosuché** má obsah cukru 4,1–12 g/l cukru nebo 4,1–18 g/l cukru, pokud kyselost vyhovuje požadavku jako u suchých vín. Šumivá a perlivá vína mají obsah cukru v rozmezí 15,1–40 g/l. **Přírodní víno polosladké** má obsah cukru do 45 g/l. Šumivá a perlivá vína mají obsah cukru v rozmezí 40,1–80 g/l. **Přírodní víno sladké** má obsah cukru nejméně 45 g/l, vína šumivá a perlivá více než 80 g/l.

Z **barviv** je v hroznech **bílých odrůd** směs zelených barviv (**chlorofyly**) a žlutých barviv (**xantofyly**). **Červené víno** vděčí za svou barvu **oeninu** ze skupiny antokyanů; toto barvivo je uloženo ve slupkách modrých bobulí a uvolňuje se při nakvácení rmutu. Barevnost červených vín závisí také na přítomnosti žlutých taninů. Směs antokyanů a taninů dává vínu rubínově červenou barvu, častou u mladých vín. Stárnutím antokyanů ubývá a taniny podléhají oxidačními pochody modifikaci barvy, která se mění v tmavě pomerančovou.

**Glycerol** dává vínu sladkou chuť spolu s vyššími alkoholy a aminokyselinami. Obsah glycerolu získaného kvašením je 4–10 g/l. Více než 12 g/l glycerolu mají jen výběry. Glycerol pomáhá dobré jakosti vína, dává mu plnost a hladkost. Někdy se taková vína označují jako opulentní.

Celkový obsah **kyselin** ve víně je v průměru 5–6 g/l. Nejdůležitější jsou kyselina vinná, jablečná a mléčná. V menším množství se ve víně vyskytuje kyselina octová, jantarová, citronová, glykolová a glyoxylová. Kyseliny jsou důležitým znakem ve vývoji vín, ale jejich extrémy jsou nežádoucí.

Teplota maskuje kyselost červených vín. Při 18–20 °C se zdají červená vína méně kyselá než při 12 °C. Nízký obsah kyselin činí víno nasládlé, přitom obsah cukru může být nízký. Z těkavých kyselin je nejdůležitější kyselina octová, její množství se pohybuje od 0,2 do 0,6 g/l a nijak neovlivňuje pozitivní chuť vína. Je-li obsah kyseliny octové vyšší než 1,4 g/l, je nutno víno co nejrychleji zkonzumovat. Při nečistém kvašení vzniká i kyselina máselná, která dává vínu nepříjemnou žluklou chuť.

**Třísloviny** jsou obsaženy v semenech (pecičkách), slupkách a třapínách hroznů. Do vína se dostávají v průběhu zpracování hroznů. Ve větším množství dávají vínu trpkou až svíravou, drsnou chuť. Bílá a růžová vína jsou méně bohatá na taniny, v nich je jejich vyšší obsah nevídaný. Odstopkáním hroznů se obsah taninů v moštu a bílém víně snižuje. Trpkost vín pochází někdy i ze dřeva nových dubových sudů, které nebyly vhodně toustovány (vypáleny).

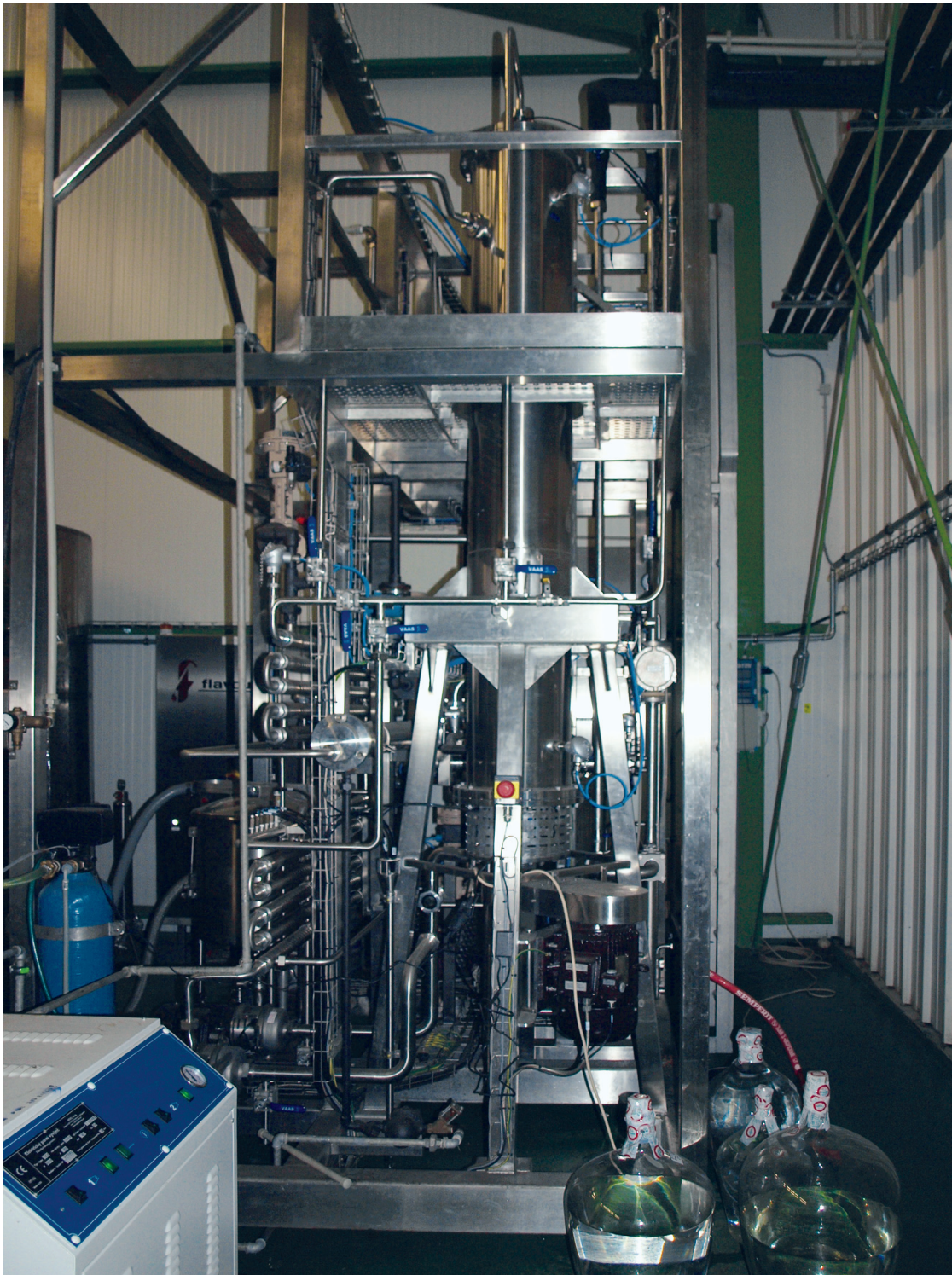
**Popel** je souhrn látek, které zůstávají po úplném spálení vína. Jsou to především anorganické soli.

#### 4.5 Výroba sladkých, dezertních, kořeněných, šumivých, perlivých a speciálních vín

Vína přírodně sladká, dezertní a dezertní kořeněná mají na rozdíl od přírodních suchých vín vyšší obsah extraktu a zpravidla i alkoholu. Kořeněná vína (vermuty) obsahují navíc přísadu speciálních, pro každou značku charakteristických, chuťových a aromatických látek.

Princip výroby **přírodně sladkých vín** spočívá v lisování přezrálých hroznů nebo ve vyluhování přezrálých hroznů (hrozinek) přírodním vínem a částečným zkvašením vylouženého cukru. Pro přípravu přírodně sladkých vín lze využít pouze odrůdy, které poskytují extraktově a aromaticky bohaté mošty. U nás jsou to odrůdy Muškát, Tramín, Ryzlink rýnský a některé další. V zahraničí jsou to například rýnské výběry, francouzská sladká vína z oblasti Sauterne a tokajská vína.

Vysoká koncentrace extraktu v moštech může pocházet z původní odrůdy, ale lze jí dosáhnout i cíleně, buď odpařením vody z bobulí hroznů slunečním zářením, působením mrazu, nebo působením ušlechtilé plísně *Botrytis cinerea*. Mezi taková vína patří např. **ledová vína** a **výběr z cibéb** (syn. **botrytický výběr**).



**Obrázek 4.5** Zařízení na výrobu dealkoholizovaného vína – rotační vakuová odparka – Vinselekt Michlovský.  
Foto: B. Mieslerová

Výroba **ledových vín** je mimořádně náročná, neboť hrozny musí zůstat na keři révy až do zimních mrazů, jejichž příchod je velmi nejistý – mrazivé počasí často přichází až v období Vánoc či po Novém roce. Po celou dobu jsou hrozny vystaveny působení slunce a zejména ranním mrazíkům, které sice nedosahují potřebné hodnoty, ale pomáhají vymrznání vody obsažené v bobulích.

Se sklizní je možno začít, pokud teplota dosáhne hodnoty  $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  a nižší; hrozny musí zůstat po celou dobu zpracování zmrzlé. Při lisování se zmrzlá voda s peckami a slupkami šetrně oddělí od koncentrované šťávy. Takto získaný mošt musí dosahovat minimálně  $27^{\circ}$  cukernatosti. Zpravidla však cukernatost těchto moštů výrazně přesahuje  $30^{\circ}$ .



Také další zpracování vyžaduje mnoho zkušeností, neboť mošt je velmi koncentrovaný, kvasinky v tomto prostředí hůře kvasí a průběh fermentace vyžaduje mimořádnou pozornost. Ledová vína jsou plná, mohutná, velmi aromatická s ovocnými a medovými tóny.

Při výrobě **vína z cibéb** (někdy nazývaná jako botrytická vína) jsou použity seschlé hrozny (hrozinky neboli cibéby) po napadení plísní *Botrytis cinerea*. Ušlechtilá plíseň hrozny vysušuje a tím v nich zvyšuje koncentraci cukrů a aromatických látek. Poté se celé lisují a poskytují mošt mimořádné kvality s vyšším obsahem cukrů, kyselin a minerálních látek. Tato vína jsou charakteristická vůní květin, medu a kandovaného ovoce (jablka, hrušky, meruňky, ananas), ale i specifickým aroma z ušlechtilé plísně.

Dalším typem sladkých vín jsou **slámová vína**. Výjimečnost těchto vín je daná náročností výrobní technologie. Hrozny určené pro výrobu slámového vína jsou pěstovány na předem vybraných viničních tratích. Pouze absolutně zdravé hrozny jsou sklizeny a ukládány ve speciálních vzdušných prostorech na slaměné lože. Hrozny se nechají na slámě vysychat 4–6 měsíců, dokud mošt nedosáhne požadované cukernatosti, která se pohybuje v rozmezí 40–50° cukernatosti. Následně se hrozny ze slámy vybírají a lisují, celé i se stopkou. Velmi šetrné lisování probíhá asi 36 hodin a vylisnost se pohybuje v rozmezí 10–15 % (hrozny se totiž scvrknou). Získaný mošt je velmi koncentrovaný a připomíná čerstvě natočený med. Během kvašení dosahuje obsah alkoholu 9–11 % a vysoký zbytkový cukr až 370 g/l. Následně slámové víno dozrává v sudech. Slámová vína jsou mohutná, plná, bohatá a jsou velmi sladká.

U **dezertních vín** se rozlišují dezertní vína přislažovaná, kořeněná a likérová. Jsou charakterizována vysokým obsahem cukru a alkoholu. Dezertní neboli slazená vína se připravují z běžných přírodních vín přidáním hroznů a prokvašením nebo pouze přidáním cukru a velejmeného lihu. Může se upravovat i barva kulérem. Likérová vína byla oblíbená u mořeplavců. Dezertní vína dostala pojmenování podle místa původu, např. portské nebo madeira.

**Dezertní kořeněná vína** jsou navíc upravována přísadou koření. Kořeněné dezertní víno je známé jako vermut. Vyrábí se z hotového vína přidáním cukru, alkoholu, různých bylin a koření. Výroba kořeněného vína se děje dvěma způsoby. Prvním je namíchání směsi bylin a její ponoření do vína na určitou dobu. Druhým je výroba macerací nebo digescí složek v lihu nebo ve směsi lihu a vína. Získaný extrakt se přidá k vínu oslazenému cukrovým sirupem. Příkladem je Martini nebo Cinzano.

Výroba **šumivých vín** (sektů) má starou tradici. Donedávna byl za vynálezce těchto vín mylně považován francouzský mnich Dom Perignon, který výrobu šumivých vín jen proslavil a rozšířil. Šumivá vína (sekty) jsou vyráběna druhotným kvašením hotových přírodních vín po přidání cukru a dosázního likéru. Sekundární kvašení probíhá v uzavřených nádobách pod tlakem, takže víno se sytí vznikajícím oxidem uhličitým a stává se šumivým a pěnivým. Pod pojmem „**šampanizace**“ vína se tedy rozumí jeho přirozené sycení oxidem uhličitým následkem sekundárního kvašení s doprovodnými změnami v kvalitě. Šumivá vína mohou být bohužel i vína dosycená, jak udává nařízení rady (ES) č. 1493/1999. Šumivé víno dosycené oxidem uhličitým je dle zmiňovaného nařízení produkt vyrobený ze stolního vína, vyznačující se unikáním CO<sub>2</sub>, který byl zcela nebo částečně dodán; přetlak CO<sub>2</sub> v uzavřené lahvi při 20 °C vykazuje min. 3 bary.

**Perlivá** vína mohou, ale nemusí být připravována taktéž druhotným kvašením v uzavřených nádobách. V případě této technologie se liší perlivá vína od šumivých pouze přetlakem oxidu uhličitého v uzavřené lahvi (pro perlivá max. 2,5 baru, pro šumivá min. 3 bary). Dosycená perlivá vína se vyrábějí z hotového révového vína, popř. obohaceného o koňak, brandy nebo vinný destilát, a přes speciální aparaturu se sytí oxidem uhličitým. Vazba oxidu uhličitého na extraktivní složky vína je u perlivých vín mnohem slabší a labilnější, takže po nalití perlivé víno sycené oxidem uhličitým uvolňuje bublinky prudce a intenzivně a pění, ale toto perlení trvá jen krátce a pěna rychle opadá. Šumivá vína naproti tomu uvolňují jemné bublinky oxidu uhličitého a perlení je pozvolné a dlouhotrvající.

Zvláštní kategorií je výroba **vín růžových (rosé)**. Technologie výroby růžových vín podléhá krajovým zvyklostem a pěstovaným odrůdám. Buď se vyrábějí z růžových, červených anebo slabě barevných modrých



hroznů nakvášením na slupkách po dobu 2–3 dní po odzrnění hroznů, nebo z modrých hroznů s vyšším obsahem barviva lisováním bez nakvášení. Růžová vína je možno také vyrobit společným zpracováním bílých, červených a modrých hroznů. Taková směs se musí nechat nakvasit. Vinaři méně uznávanou metodou je kupážování. Růžová vína získaná z hroznů s modrou slupkou a následnou limitovanou macerací však dosahují vyšší kvality než vína kupážovaná (mísená) z bílého a červeného vína.

Za pomoci kvasinek lze samozřejmě vyrábět další paletu ovocných vín, např. jablečné, hruškové, rybízové, angreštové, třešňové, višňové, jahodové, šípkové, borůvkové, ostružinové, jeřabinové nebo trnkové.

#### 4.6 Další alkoholické nápoje vyráběné pomocí hub

Část o výrobě vína bychom doplnili speciální kapitolou zabývající se dalšími alkoholickými nápoji vyráběnými pomocí hub. Zde není cílem popsat podrobné technologické postupy, ani vyčerpát přehled všech alkoholických nápojů vyráběných pomocí hub a typických pro různé části světa, ale jen nastínit pestrost použitých surovin i mikroorganismů.

Jedním z nejstarších alkoholických nápojů v Asii je **rýžové víno (saké)**, jehož příprava je doložena již 6800 let př. n. l. v údolí řeky Jang-tse v Číně. Jedná se o tradiční japonský nápoj, který je vyráběn z bílé rýže (zbavené slupek a intenzivně obroušené) několikanásobnou fermentací za pomoci dvou druhů hub (*Aspergillus oryzae* a *Saccharomyces cerevisiae*). Na rozdíl od sladu a šťávy z vinných hroznů rýže neobsahuje cukr, ale jen škrob, ze kterého kvasinky nejsou schopny přímo vytvořit alkohol. Proto je přidávána houba **koji (*Aspergillus oryzae*)**, která amylasami štěpí škrob na cukry. V průběhu kvašení koji postupně hyne pro nedostatek kyslíku, ale uvolněný cukr může být zkvašován **kvasinkami**. Většina druhů saké obsahuje 14–17 % alkoholu. Pomocí různých enzymů obou mikromycet vznikají v nápoji látky, které mají významný vliv na strukturu a chuť saké. „Saké“ v japonštině znamená „alkoholický nápoj“. V Evropě se tento název sice ujal pro alkoholický nápoj kvašený z rýže, nicméně vyrábí se i z celé řady jiných zdrojů, například cykasů.

V Rusku dosahuje neobyčejné obliby **kvas**. Jedná se o lehký alkoholický nápoj z kvašeného černého chleba, někdy nahrazeného tekutým sladovým těstem. Je rozšířen hlavně na Ukrajině, v Rusku a v Pobaltí a někdy se nazývá „ruská Coca-Cola“. Připravuje se zkvašením tmavého chleba za přidání kvasnic, cukru a vody. Do hotového kvasu se přidává kulér (karamel). Kvašení probíhá cca 12 hodin v chladu a pak směs asi tři dny zraje. Obsah alkoholu je poměrně nízký, u průmyslově vyráběného alkoholu max. 1,2 %. Prodává se buď v PET láhvích, KEG sudech nebo je typický prodej v pouličních cisternách.

**Cider**, populární především v západní Evropě (Velká Británie, Irsko, Francie, Španělsko), je osvěžující, lehké jablečné víno vyráběné řízeným kvašením jablečného moštu. Cider může být jak průzračný, tak s lehkým zákalem, většinou zlatavé až žlutooranžové barvy a jemně perlivý. Pro výrobu cideru byly speciálně vyšlechtěny odrůdy jablek. Vhodná je směs několika odrůd – tím se docílí vhodného poměru sladkosti, hořkosti a kyselosti výchozího moštu i výsledného cideru. Jablka se rozdrťí a vylisují na jablečný mošt, který kvasí v kvasných nádobách (tanky, sudy, demižony). Kvašení probíhá od 14 dní (Anglie) až po 8 měsíců (převážně Francie) v závislosti na způsobu výroby. Po dostatečném prokvašení je cider po filtraci a pasteraci stáčen do lahví a sycen CO<sub>2</sub>. V případě tradiční výroby proces kvašení není ukončen a v lahvích probíhá dozrávání, takže cider může být přirozeně jemně perlivý.

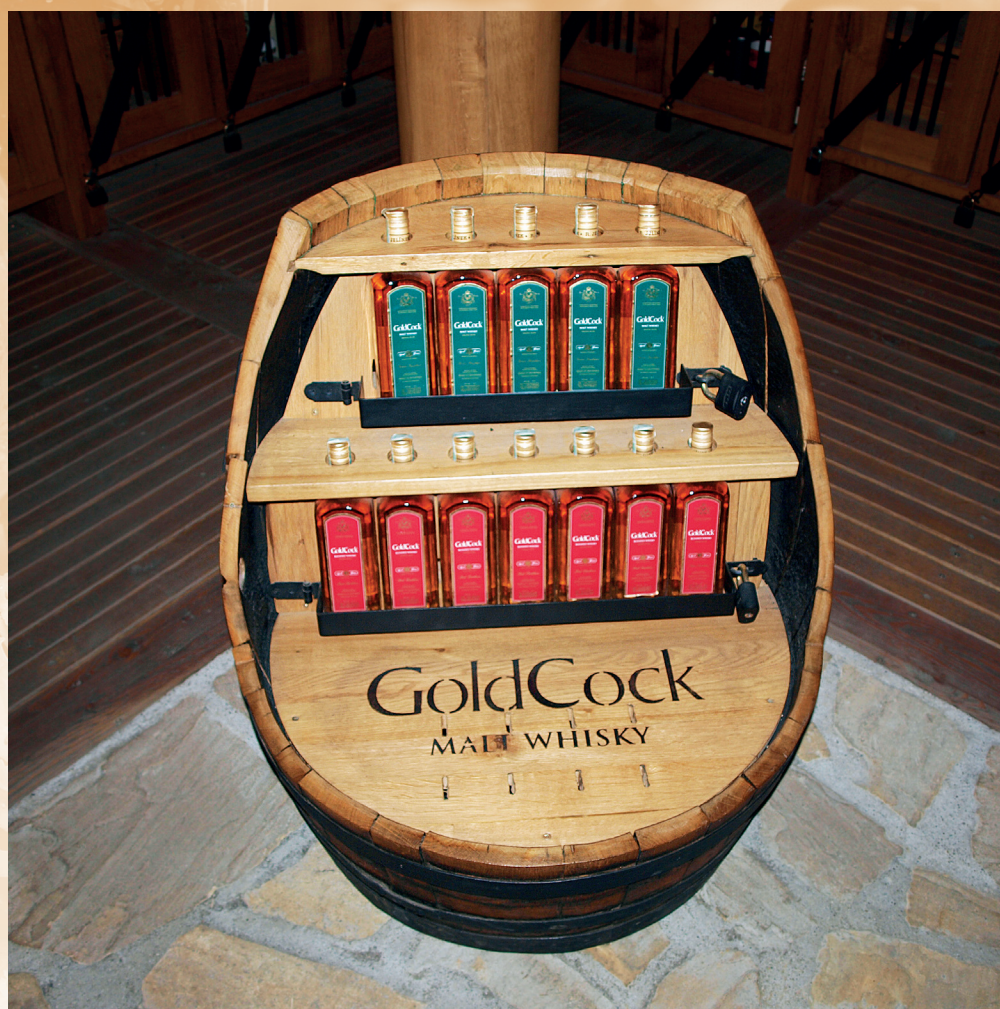
**Boza** je velmi hustý, krémový, pivu podobný nápoj pocházející původně z Egypta, Bulharska a Turecka. Vzniká působením kvasinek a bakterií mléčného kvašení z prosa, vařené kukuřice, pšenice, čiroku a semolinové mouky.

**Pito** je krémový žlutavý alkoholický nápoj s nasládlou chutí vyráběný v Nigérii a Ghaně. Vzniká kvašením směsi čiroku a kukuřice působením směsi kvasinek, bakterií mléčného kvašení a vláknitých plísní (v bývalém Československu se toto slovo používalo k označení nealkoholického piva).

## Literatura

- Arora, D. K. (ed.) (2004): Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Mycology Series, vol. 21. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4770-4.
- Custers, R. et al. (2006): Průvodce biotechnologiemi: biotechnologie v zemědělství a potravinářství. Academia, Praha. ISBN 80-200-1350-4.
- Giuliani, E., Morrison, A., Rabellotti, R. (eds.) (2011): Innovation and Technological Catch Up: The Changing Geography of Wine Production. The Wine Economics Research Centre, Edward Elgar, Cheltenham, UK; Northampton, MA, USA. ISBN 978-1-84844-994-7.
- Grainger, K. (2009): Wine Quality: Tasting and Selection. Willey & Blackwell, Chichester, UK. ISBN 978-1-4051-1366-3.
- Grainger, K., Tattersall, H. (2016): Wine Production and Quality, 2nd Edition. Willey & Blackwell, Chichester, UK. ISBN 978-1-118-93455-5.
- Heldman, D. L., Hoover, D. G., Wheeler, M. B. (2010): Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food. CRC Press. ISBN 978-0849350276.
- Jackson, R. S. (2014): Wine Science: Principles and Applications, 4th Edition. Academic Press, New York, NY, USA. ISBN 978-0-12-381468-5.
- Johnson, H., Robinson, J. (2015): Světový atlas vína. Nakladatelství Slovart, Bratislava. ISBN 978-80-7391-978-8.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. et al. (2012): Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.
- Kraus, V., Hubáček, V., Ackermann, P. (2004): Rukověť vinaře. ČSZ – Nakladatelství Květ a Nakladatelství Brázda, s. r. o., Praha. ISBN 978-80-209-0378-5.
- Margalit, Y. (2012): Concepts in Wine Chemistry, 3rd Edition. Wine Appreciation Guild, USA. ISBN 978-1-935879-81-7.
- Michlovský, M. (2012): Oxid siřičitý v enologii. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-0-1.
- Michlovský, M. (2014): Lexikon chemického složení vína. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-2-5.
- Michlovský, M. (2014): Bobule. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-3-2.
- Michlovský, M. (2014): Příprava bílých vín. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-4-9.
- Michlovský, M. (2015): Příprava červených vín. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-5-6.
- Michlovský, M. (2015): Encyklopedie degustace vína (2. aktualizované vydání). Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-6-3.
- Michlovský, M. (2016): Technologie šampaňského. Vydavatelství Vinselekt Michlovský, Rakvice. ISBN 978-80-905319-7-0.
- Pátek, J. (2001): Zrození vína: všechno o zpracování hroznů, výrobě vína a jeho zrání. Jota, Brno. ISBN 80-7217-137-2.
- Peeters, A. S. (ed.) (2012): Wine: Types, Production & Health. (Series: Food Science and Technology.) Nova Science Publishers, New York, NY, USA. ISBN 978-1-61470-635-9.
- Trnka, R. (2001): Vína, likéry a destiláty: tajemství výroby. Grada Publishing, Praha. ISBN 80-247-9003-3.
- Zoecklein, B. W., Fugelsang, K. S., Gump, B. H., Nury, F. S. (1990): Production Wine Analysis. AVI Books, New York, USA. ISBN 978-1-4615-8148-2.





„Vino vyžaduje čas a umění konverzace.  
Proto pijí Američané whisky.“

(I. Ilf, 1931)



## 5 LIHOVARNICTVÍ

### 5.1 Lihoviny

**Lihoviny** jsou alkoholické nápoje, které mají různý obsah alkoholu v rozmezí **od 15 do 79,5 %**. Výjimkou je pivo a víno a jim podobné nápoje (saké, cider). Nápoje obsahující méně než 12–15 % alkoholu (v závislosti na typu kvasinek a výchozí surovině) jsou totiž produkovány pomocí fermentace (alkoholového kvašení). Při vyšších koncentracích alkoholu v roztoku je metabolismus mnoha kmenů kvasinek částečně nebo úplně potlačen. Lihoviny, tj. nápoje s velmi vysokými koncentracemi alkoholu, tak mohou být **vyráběny pouze destilací**. Lihovarnictví je tedy tradiční odvětví průmyslu, které vyrábí průmyslový líh (etanol), destiláty a lihoviny. Podle technologie výroby se lihoviny dělí na dvě základní kategorie: lihoviny vyrobené teplou cestou a lihoviny vyrobené studenou cestou.

#### 5.1.1 Lihoviny vyrobené teplou cestou

Jsou to nápoje, které se získávají destilací zkvašeného ovoce, obilnin a jiných alkoholicky zkvasitelných surovin. Jejich charakter je určen původní surovinou pro kvašení. Pravá ušlechtilá pálenka (destilát) je takový výrobek, ke kterému nebyl přidán ani průmyslově vyráběný alkohol, ani jiné aromatické nebo chuťové přísady (např. slivovice, meruňkovice, višňovice, hruškovice, jablkovice [calvados], vínovice [grappa], jalovcovice [gin, borovička]).

#### 5.1.2 Lihoviny vyrobené studenou cestou

Pojem studená cesta znamená, že vlastní výroba těchto lihovin spočívá v míchání základních složek za studena, bez předchozího kvašení. Jen výjimečně se suroviny zahřívají na 80 °C (vaječný koňak), ale nikdy se nevaří. Patří mezi nejprodávanější skupinu alkoholických nápojů. Smíchání jemného lihu s dalšími složkami, jako je cukr, ovoce, byliny, probíhá v pořadí: nejprve alkoholické tekutiny (líh kvasný rafinovaný, destiláty, maceráty apod.); silice, aromatické látky a tresti rozmíchané v lihu; potom vína, cukerné a ovocné sirupy a šťávy a nakonec voda.

**Lihoviny vyrobené studenou cestou** se podle obsahu cukru **rozdělují** na:

1. málo slazené (cukr do 11 %)
2. slazené
  - likéry s obsahem cukru nejméně 100 g/l
  - krémy s obsahem cukru nad 250 g/l
  - krystalické likéry obsahující část cukru (sacharózy nebo laktózy) ve formě nerozpuštěných krystalků
3. krémy – emulzní lihoviny – hustá krémovitá konzistence (směsi žloutků, mléka, cukru a lihu [vaječný likér]).

Do skupiny lihovin patří např. „tuzemák“ (vyráběný z potravinářského lihu, rumové tresti a dalších dochucovadel), ovocné likéry (směs přírodních šťáv a čistého alkoholu) a kořenité, hořké a bylinné likéry (dochucované pomocí aromatických látek).

### 5.2 Historie lihovarnictví

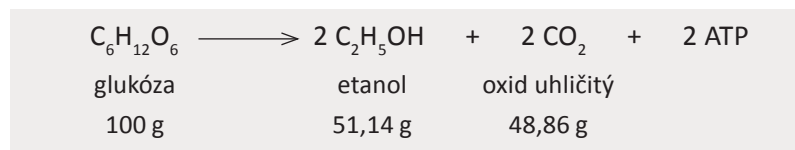
Název líh nebo alkohol se v hovorovém jazyce vztahuje k nejčastěji se vyskytující sloučenině ze skupiny primárních alifatických alkoholů – k **etanolu**. Tato sloučenina se dá vyrobit buď čistě chemickým způsobem, např. hydratací etylenu, nebo daleko běžnější mikrobiologickou cestou – alkoholovým kvašením. K tomu se využívají mikroskopické houby rodu *Saccharomyces*, stejně jako v případě výroby kvašených nápojů, např. vína.

Pro zvýšení koncentrace alkoholu ve výsledném produktu po kvašení je nutné používat specializované přístroje. Některé zdroje připisují prvenství v sestavení a používání primitivní **destilační aparatury** Číňanům, **cca 1–2 tisíce let př. n. l.**, jiné hovoří o egyptských alchymistech, rovněž z éry před Kristem. Do Evropy se znalosti o destilaci zkvašených surovin dostávají mnohem později, a to okolo 11.–12. století. Původně se destilovaný líh používal při alchymistických operacích, dále se **destilátů užívalo jako léku** („*aqua vitae*“ = **voda života**), ale brzy se začalo s používáním **likérů a extraktů**. Za nejstarší produkt, ze kterého byla destilací získána pálenka, je považována medovina vyrobená ze včelího medu. S rozvojem vinařství se začalo šířit pálení méně hodnotných vín – pálenka. Za Karla IV. byla založena palírna v Kutné Hoře. Později se začalo pálit pivo, pivní a vinné kvasnice, obilné i sladové zápary. K rozšíření umění destilace došlo v Evropě ve středověku. Dnes v České republice působí Svaz lihovarů České republiky zahrnující všechny nejdůležitější producenty lihu (surový, jemný, technický, bezvodý) v ČR.

### 5.3 Výroba etanolu fermentačním způsobem

#### 5.3.1 Biochemie etanolového kvašení

Před zhruba 130 lety byl objeven původ kvašení a tím i jeho nositelé – kvasinky. Chemická rovnice alkoholového kvašení je následující:



Kvasný neboli fermentační způsob výroby etanolu je založen na působení enzymů mikrobiální buňky (většinou buněk některých kvasinek) v procesu, kterému se říká **etanolové kvašení**. Tento proces probíhá převážně bez přístupu vzduchu (anaerobně), i když nejde v případě kvasinek o striktně anaerobní podmínky. Mírné provzdušnění kvasného média, hlavně na začátku fermentace, je příznivé pro potřebný nárůst buněk a jejich aktivitu. Samozřejmě platí již výše zmíněné, že i pro kvasinky je hladina vzniklého etanolu nad 14–15 % toxická a odumírají. Proto musíme veškerý koncentrovanější alkohol získávat destilací.

#### 5.3.2 Produkční mikroorganismy a suroviny pro výrobu lihu

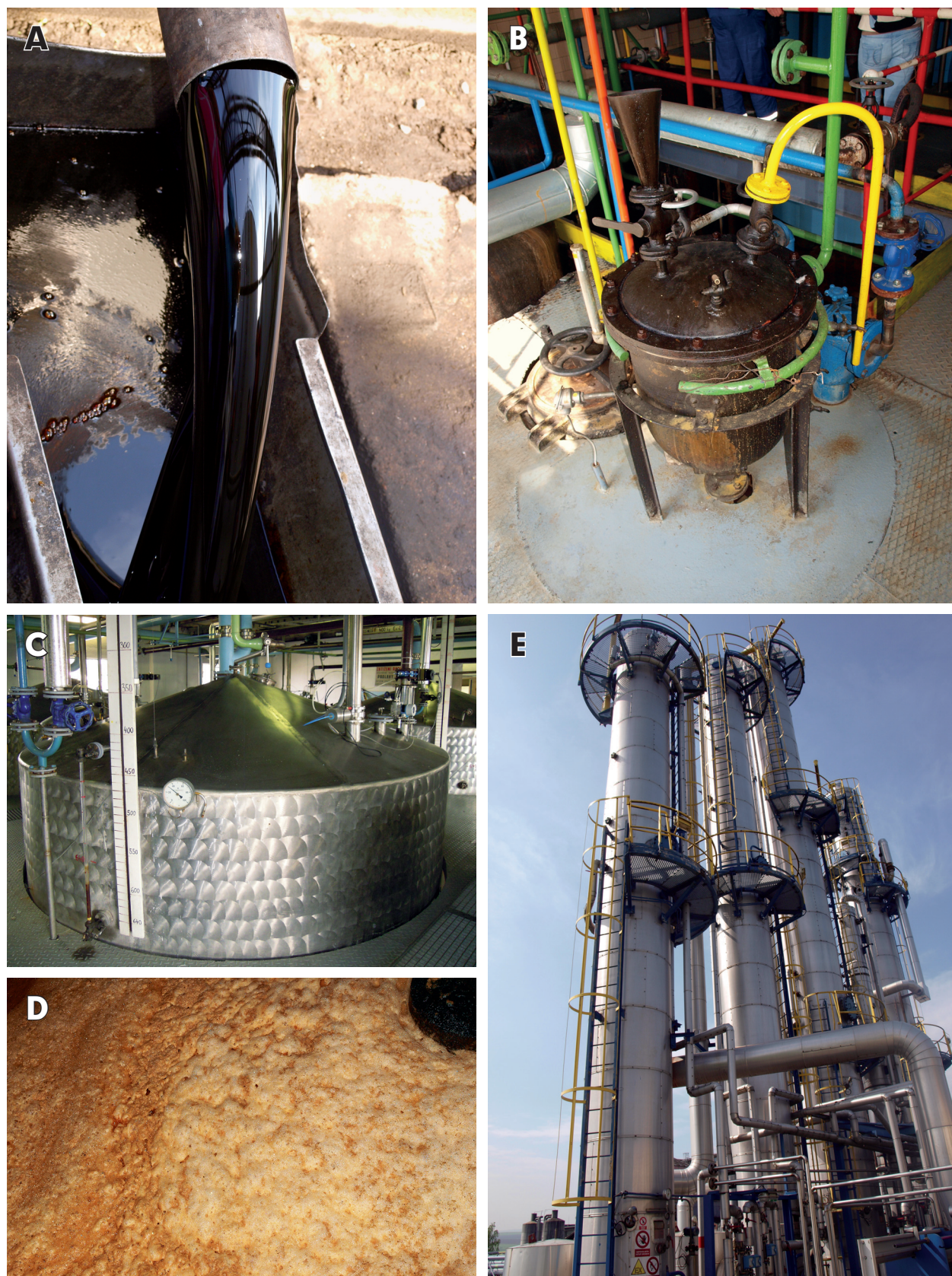
Hlavním produkčním mikroorganismem jsou kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které se vyznačují vysokou rychlostí tvorby etanolu, jeho vysokou tolerancí a nízkou produkcí vedlejších metabolitů. Producenty etanolu mohou být i **bakterie**, slibnou bakterií je *Zymomonas mobilis*, která má v porovnání s kvasinkami rychlejší metabolismus, nižší nutriční nároky a díky níž může fermentace probíhat za vyšších teplot. Přes určité nesporné výhody bakterií jako producentů etanolu se stále v průmyslové praxi u nás i ve světě používají kvasinky.

K výrobě lihovin kvasnou cestou mohou sloužit **tři skupiny surovin**, přičemž se tyto liší svým obsahem zkvasitelných cukrů. Běžné kvasinky jsou schopny zkvašovat pouze jednoduché cukry (mono- a disacharidy). Složitější sacharidy musí být hydrolyzovány na jednodušší cukry za použití buď vlastních hydrolytických enzymů, nebo enzymových preparátů.

První skupinou jsou **cukernaté suroviny**, mezi něž patří hlavně řepná melasa (s hlavní složkou sacharózou), další produkty cukrovarnické výroby (surový a rafinovaný cukr), cukernaté plody (jen pro ovocné destiláty, ne technický líh), v zahraničí např. cukrová třtina, čirok, palmové šťávy či sukulenty (např. kaktusy).

Druhou skupinou jsou **škrobnaté suroviny**, u nás nejvíce používané brambory jako zdroj kvalitního neutrálního alkoholu, dále obilí (hlavně kukuřice, pšenice, žito, triticales), v zahraničí např. rýže, čirok, kasava, sladké brambory.





**Obrázek 5.1** Výroba technického lihu z melasy: (A) melasa; (B) příprava zákvasu v malém množství; (C) kvasné kádě; (D) pohled do kvasné kádě; (E) destilační kolony – lihovar Kojetín. Foto: B. Mieslerová (A, B, D, E), M. Sedlářová (C)

Třetí skupinou jsou suroviny obsahující **další polysacharidy**, jako např. inulin v topinamburech a čekance nebo lignocelulózní materiál ve dřevě a slámě (obsahují celulózu a hemicelulózy), u kterých je nutná hydrolýza a zvláknění.



### 5.3.3 Výroba lihu z melasy

Průmyslový líh se nejčastěji získává z **melasy**. Melasa je vedlejší produkt výroby cukru z řepy cukrové, který obsahuje přibližně 50 % řepného cukru, sacharózy. Tento cukr již běžnými postupy nelze z melasy získat v čisté formě. Průběh výroby lihu z melasy má několik fází: **příprava zápary** (naředění melasy vodou, přidavek živin), **příprava kvasinek** (laboratorní propagace kultury, propagační poměr mezi jednotlivými stupni je 1 : 5) a **vlastní kvašení** (probíhá za anaerobních podmínek, při pH 4,5–5 a teplotě do 32 °C). Následuje **destilace** vzniklého produktu (Obrázek 5.1).

Při kvašení se používá dvou různých koncentrací zápary. Slabší při zahájení, silnější pro doplňování fermentoru během kvašení. Pro správný průběh kvašení se i zápary okyselují. Okyselení má příznivý vliv na aktivitu kvasinek, ale má i vliv antiseptický. Jako substrát se nyní používají některé anorganické sloučeniny, např. síran amonný a hydrogenfosforečnan diamonný. Výpočet živin se musí přizpůsobit používané technologii, aby se zápara tzv. nepřeživila.

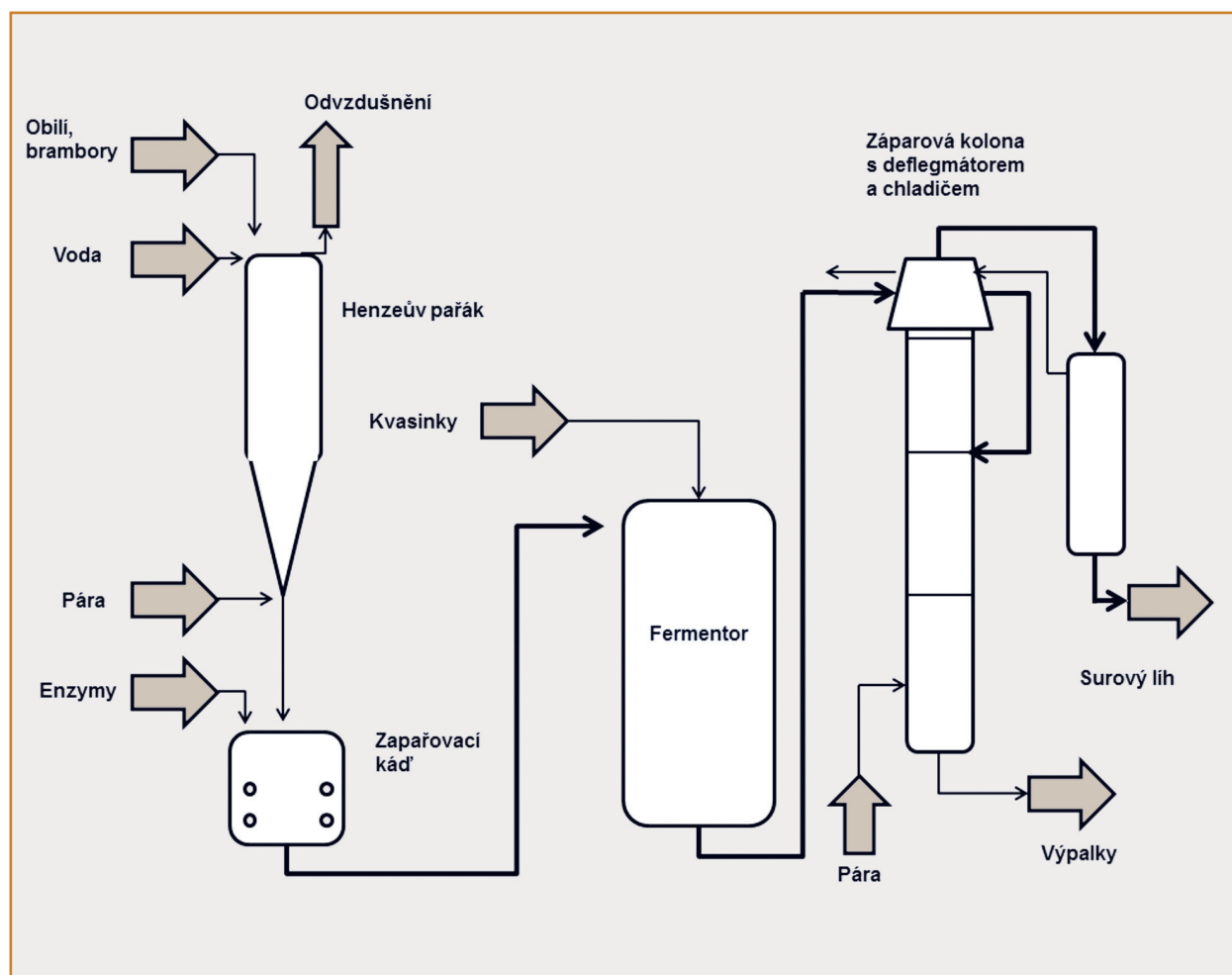
Technicky může být pro kvašení použito více typů průběhu kvašení. **Klasický vsádkový proces** je velmi jednoduchý, ale představuje jen nízkou produktivitu a delší dobu kvašení. Charakteristické je, že probíhá při stejném objemu zápary od začátku až do konce. Dalším typem je **přítokový způsob**, kde je limitujícím faktorem výsledná koncentrace etanolu, která se pohybuje v rozmezí 10–12 %. Nevýhodou tohoto způsobu je stálá nutnost přípravy zákvasu. Nejrozšířenějším způsobem je **způsob s recyklací kvasinek**, kdy se kvasinky z prokvašené zápary opakovaně použijí jako inokulum do nové fermentace, čímž se ušetří cukr potřebný k syntéze biomasy a díky čemuž je možné pracovat od začátku s vysokou koncentrací buněk, což celkově zrychlí kvašení. Posledním typem je **kontinuální způsob kvašení**, který je charakterizován nepřetržitým přítokem čerstvé a odtokem prokvašené zápary z bioreaktoru. Společnou nevýhodou všech kontinuálních postupů je vysoké riziko kontaminace.

Na kvasný proces navazuje **destilace a rafinace lihu**. Vzniklý produkt kvašení, kromě etanolu a vody, obsahuje i jiné těkavé látky, např. izoamylalkohol, aktivní amylalkohol, izobutylalkohol a n-propylalkohol, dále aldehydy, estery, nižší mastné kyseliny apod. **Destilace a rektifikace je založena na různé těkavosti složek roztoku a na různém tlaku par destilujících složek**. Rektifikace je opakovaná destilace, jejímž cílem je zkoncentrovat etanol. Surový líh obsahuje asi 85–95 % etylalkoholu, vodu a nepříjemně páchnoucí vyšší alkoholy, které tvoří tzv. přiboudliny, proto se surový líh dále rafinuje – čistí. Rafinací tedy dochází k odstranění doprovodných látek z lihu.

Tyto procesy probíhají v **kolonovém uspořádání**. Spodní vytápěná část kolony se nazývá vařák a nejhořejší část destilační kolony je hlava. Na patrech dochází ke styku par s kapalinou stékající opačným směrem. Každá kolona je vybavena deflegmátorem, kondenzátorem a chladičem. Deflegmátor slouží k částečné kondenzaci par vystupujících z hlavy kolony a jejich obohacení o těkavější složku. V kondenzátoru dochází k totální kondenzaci par na kapalinu a chladič ochlazuje destilát. Rafinací a rektifikací se **získávají tři frakce**: jemný a velejemný líh (rafináda), líh nižší kvality (úkap neboli předek a dokap) a přiboudlina (hlavní složkou je 2-metyl-1-butanol). Úkap s dokapem se při rafinaci jímají společně a používají se jako technický líh.

Pro potravinářské účely lze použít pouze **líh kvasný rafinovaný**, který se nyní vyrábí ve dvou jakostních druzích, **jemný** a **velejemný**. Nedenaturovaný líh je zatížen spotřební daní (285 Kč/l čistého etanolu). Do čistého lihu se přidávají různé látky, které jej činí nepoživatelným, např. metanol, benzen či benzín. Takto upravený (**denaturovaný líh**) se používá jen pro technické účely.

Vedlejším produktem výroby lihu z melasy jsou **melasové výpalky**. Melasové výpalky obsahují velké množství minerálních a bioorganických látek, a jsou proto velice hodnotným hnojivem a přísadou do krmiv pro hospodářská zvířata.



**Obrázek 5.2** Schéma výroby lihu ze škrobnatých surovin (upraveno podle Kadlec et al., 2012, překresleno: B. Mieslerová)

### 5.3.4 Výroba lihu ze škrobnatých surovin

Škrob je substrátem, který většina kvasinek není schopna přímo zkvašovat. Musí proto být nejprve převeden na jednoduché zkvasitelné sacharidy. Dříve se na zpracování škrobnatých surovin na líh soustředily hlavně zemědělské lihovary a zpracovávaly hlavně brambory, dnes se přešlo ke zpracování obilí. Postup výroby lihu je schematicky znázorněn na [Obrázku 5.2](#).

Prvním krokem při **přípravě zápary** u zpracování škrobnatých surovin je jejich mechanické rozmělnění a zpřístupnění zrn škrobu amylolytickým enzymům. Dnes se používají již výhradně **enzymové preparáty**, dříve se používal slad. Působením enzymů ( $\alpha$ -amylasy) nejprve dochází ke ztekucení škrobu a poté účinkem amyloglukozidasy či  $\beta$ -amylasy ke zcukření. Při přípravě zápary můžeme používat dva základní způsoby: buď se opané brambory nebo obilí paří v kuželovitém pařáku při 120 °C a při **tlaku** 0,2–0,5 MPa, nebo používáme **beztlaký způsob** (zahrnující pomletí, mokré mletí a použití speciálních  $\alpha$ -amylas bakteriálního původu). Při tlakovém způsobu je nepoužívanějším pařákem tzv. Henzeův pařák. Velkou výhodou paření je, že se zápara současně vysterilizuje, což je vhodné při zpracování havarovaných substrátů.

Zcukřená sladká zápara je následně ochlazena na zákvasnou teplotu a ve fermentačním tanku **zakvašena**. Obilné a bramborové zápary obsahují dostatečné množství živin, takže není potřeba kvasinky přiživovat. Nejlépe se pro tento typ kvašení osvědčily kvasinky získané z čistých lihovarských kultur, jelikož jsou adaptované na škrobnaté zápary. V malých lihovarech se často pracuje vsádkovým způsobem. Doba kvašení je obvykle 48–72 hodin při maximální teplotě do 32 °C. Koncentrace etanolu v prokvašených obilných záparách se průměrně pohybuje kolem 7–8 %.

Prokvašené obilné záparý se v zemědělských lihovarech **destilují** na jednoduchém kontinuálně pracujícím kolonovém aparátu (záparová kolona). Někdy je používáno dvoukolonové uspořádání, první kolona, kam je přiváděna zápara, slouží k vyvaření etanolu z výpalků a druhá k zesílení lihových par. Surový líc je dodáván průmyslovým lihovarům k dalšímu zpracování na líc rafinovaný. Někdy rafinace a rektifikace probíhají přímo v zemědělských lihovarech. Odpadem jsou výpalky, které slouží jako dobré krmivo pro dobytek.

### 5.3.5 Výroba lihu z ovoce

Při výrobě lihu z ovoce jde již **primárně o výrobu potravinářsky využívaných produktů** s cíleným chuťovým požítkem, a proto celková péče o daný proces probíhá ve velmi odlišném duchu. Výroba pravých destilátů z ovoce je považována, podobně jako v případě vína či piva, za umění a mnohé receptury dodnes zůstávají tajné.

#### 5.3.5.1 Příprava ovoce

Nejdůležitější pro výrobu destilátů je **čisté ovoce**. Na druhém místě je čerstvost a aromaticnost plodů a pak místo, odkud ovoce pochází. Jádrová ovoce, jako jsou jablka, hrušky, kdoule, mohou být před naložením rozemleta relativně jemně v mlýnku na ovoce. Bobulové ovoce jako maliny, ostružiny a jahody se většinou jenom rozmačkají nebo pomocí míchadla mírně podrtí. Vinné hrozny se odstopkovávají. Peckové ovoce se při přípravě rmutu jen namačká, aniž by došlo k rozbití pecek. Pecky musí být odděleny nejpozději po kvašení, jinak kvas dostane příchutí hořkých mandlí. Menší plody se napěchují do **kvasných kádí**.

#### 5.3.5.2 Kvašení

Cílem kvašení při výrobě destilátů není maximální produkce **etanolu**, ale **tvorba celé řady sensoricky významných látek**, které vytvářejí typický charakter výsledného výrobku. Proto jsou postupy i zde odlišné od výroby technického lihu. Rmut se nechá samovolně kvasit v nádobách opatřených kvasnou zátkou. Kvašení nejčastěji způsobují **divoké kvasinky**, které žijí na ovoci. Pro rychlejší kvašení se přidávají **kultury vinných kvasnic**. Původním záměrem nasazení čisté kultury kvasinek bylo dosažení čistého a rychlého kvašení při maximálních lihových výtěžnostech. Pro zvýšení kvasné činnosti kvasinek se mohou přidávat živné soli, jako jsou hydrogenfosforečnan amonný a síran amonný. Je možné i odbourání pektinových látek z ovoce komerčními enzymovými preparáty (hrozí však zvýšení obsahu metanolu v destilátu). Metanol se objevuje při destilaci ve všech frakcích – nejvíc v dokapu (většinou však jde o malá množství). Doporučuje se okyselit rmut, a to nejčastěji kyselinou sírovou. Spontánní kvašení nastane po jednom až dvou dnech. Při kvašení se **uvolňuje oxid uhličitý**, který promíchává kvas a tím umožňuje lepší výměnu živin mezi substrátem a kvasinkami.

Při spontánním (samovolném) lihovém kvašení se uplatňují stejné produkční i kontaminující druhy kvasinek jako při výrobě vín. Z hlediska produkce etanolu je nejdůležitější a nejběžnější kvasinka ***Saccharomyces cerevisiae***, ve spontánně kvasících kvasech bývá také kvasinka *S. pastorianus*. Vyskytuje-li se v nadměrném množství, snižuje lihové výtěžky a tvoří látky udělující destilátům nepříjemné vlastnosti. Kvasinka *S. apiculatus* se vyskytuje dost často v raných stádiích kvašení v ovocných kvasech. Její kvasící schopnost je nepatrná. V pozdějších stádiích kvašení při vyšším obsahu etanolu z kvasu mizí. Spolupůsobí však při tvorbě aromatických látek. Ve spontánně kvasících kvasech mohou být i kvasinky způsobující křísovatění (*Candida mycoderma*).

Kvašení může být řízeno pomocí **teploty**. Při teplotě nižší než 15 °C kvasí rmut příliš pomalu, hrozí tak nebezpečí předčasného zastavení kvašení. Naproti tomu při teplotě nad 25 °C probíhá kvašení příliš rychle a dochází ke ztrátě aromatických látek. Příznivá teplota pro rychlost kvašení tak nemusí souhlasit s teplotou příznivou pro kvalitu kvašení. Nejrychleji probíhá kvašení při 28–30 °C, ale nejvyšší destiláty se získávají z kvasů kvašených při teplotě kolem 10 °C. **Optimální je teplota 16–20 °C**. Ukončení procesu kvašení poznáme tak, že se přestane vyvíjet CO<sub>2</sub>.





Protějškem ke světlým pálenkám jsou **pálenky hnědé**, uložené v **dřevěných sudech**, téměř výhradně z **dubového dřeva**. Ze sudu se látka vylouží a způsobí zhnědnutí destilátu; dochází také k tomu, že látka ovocného aroma, chuťově dominantní, difunduje do dřevěných stěn a budou později ovlivňovat vlastnosti uloženého destilátu. Optimální velikost sudu je 225–400 l. Pro uložení do sudů se většinou používají relativně neutrální destiláty, které mají podle svého charakteru velmi málo vlastního aroma (z obilí, vína, jablek). Je však potřeba destilátu zajistit určitý styk s kyslíkem, ale ne při použití otevřených nádob (dochází k objemovým ztrátám).

Destilát z jemného ovoce (meruňky, maliny) se nechá ležet 1–3 roky, třešňovice nebo slivovice déle, až 2–5 let. Zkrácení doby zrání ovocných a obilných destilátů umělým stařením může mít velký ekonomický



**Obrázek 5.3** Výroba ovocných destilátů: (A) plastové kvasné kádě s rozmačkaným ovocem (domácí produkce); (B) velkokapacitní nerezové kvasné tanky; (C) destilační aparatura; (D) některé ušlechtilé destiláty dozrávají v sudech – Distillery Land, R. Jelínek, Vizovice. Foto: B. Mieslerová



efekt. Mezi metody urychleného zrání destilátů patří: stažení účinky tepla, účinky kyslíku a ozónu, ozařováním, ultrazvukem, účinky elektrického proudu apod. Příznivci tradičních způsobů výroby destilátů tyto postupy odmítají.

Před stáčením do lahve se provede sesazení destilátu na určitou lihovitost. Pro ředění je nejvhodnější čerstvá destilovaná voda zbavená všech nežádoucích látek. Nedoporučují se tvrdé vody, které bývají často příčinou zákalů.

### 5.3.6 Výroba některých speciálních druhů lihovin

#### 5.3.6.1 Slivovice

Výrobu slivovice ilustruje **Obrázek 5.3**. Čisté zralé **plody slivoně** se uloží do sudů (dřevěných, plastových) nebo velkokapacitních nerezových tanků, kde se nechají zhruba 6–8 týdnů kvasit. Doba kvašení závisí na teplotě, cukernatosti plodů a množství ovoce v sudu.

Vykvašené ovoce se pálí při teplotě do 100 °C, kdy se odpařuje jen alkohol, ale v kvasu zůstávají silice, které jinak způsobují pachy a pachutě v konečném výrobku. Výpary se ochlazují a kondenzát vytéká do připravené nádoby. Tento postup se opakuje dvakrát, přičemž teprve při druhém pálení teče čistý nápoj, který je možno ochutnat. Destilát má v závislosti na počáteční cukernatosti kvasu a stavu při dokvašení přibližně 60–80 % alkoholu. V tomto stavu se neprojeví chuť ovoce, ideální je ředit výsledný nápoj na 50–51 %, kdy je lahodný a voňavý.

Čerstvá slivovice mívá ostřejší chuť a je lepší nechat ji uležet několik měsíců až let. Někdy se do destilátu přidávají sušené švestky, aby slivovice dostala nazlátlou barvu a více voněla. Je třeba ji ale sledovat a po zhruba třech týdnech scedit a uložit. Zlatá slivovice vzniká dlouhodobým zráním (stažením) v dubových sudech, kde získává zlatavou barvu a lahodnou chuť podobající se koňaku. Někteří výrobci ovšem dobarvují destiláty uměle (kulérem nebo sušenou švestkou).

#### 5.3.6.2 Tequila

Tento nápoj se vyrábí výhradně z **modré agáve (*Agave tequilana*)** a může být vyroben jen v pěti vybraných oblastech Mexika. Aby se nápoj mohl jmenovat tequila, musí obsahovat minimálně 51 % zkvašené šťávy z modré agáve. Ostatních 49 % se může skládat z cizích cukrů, které jsou přidávány během procesu kvašení.

Z agáve se odříznou kopinaté ostré listy a sklídí se „srdce“ rostliny (váží až 100 kg). V továrně se rozsekají a následně vaří, pečou či dusí přibližně 72 hodin v pecích. Při tomto procesu se škroby rostliny mění na cukry. Vychladlé části rostliny se drtí a scezená tekutina se sbírá v kádích, kde probíhá 2–5 dní fermentace. Tekutina je pak zfiltrována a přečerpána do velkých měděných nebo nerezových destilačních kotlů a dvakrát destilována. Vzniklá lihovina se nechává zrát, nebo je po naředění na přibližně 70–80°, tj. 40 % alkoholu, plněna do lahví. Zrání probíhá v sudech z francouzských nebo amerických dubů.

Lahve **mezcalu**, což je pálenka z jiného druhu agáve a jiné oblasti Mexika, často **obsahují červa**, občas i několik kusů na lahev. Tento červ je larvou jednoho ze dvou druhů hmyzu žijících uvnitř rostlin agáve. Nejčastěji se jedná o larvu nosatce (*Scyphophorus acupunctatus*), místně nazývaného „picudo del agave“. Druhým typem červa v mezcalu je „gusano rojo“ neboli červený červ chinicuiles, který je housenkou můry *Hypoptya agavis*.

#### 5.3.6.3 Whisky

Na světě existuje **několik základních druhů whisky**. Zatímco ve Skotsku, Walesu a Kanadě se používá označení „whisky“, v Irsku a Spojených státech je to „whiskey“.

Základní rozlišovací vlastností je to, jestli se jedná o **jednodruhovou („single malt“)** nebo **směsnou whisky („blend“)**. Skotská whisky je nápoj vyrobený nejčastěji dvojnásobnou destilací z **ječmenného sladu**,



který byl vysušen nad rašelinou. Irská whiskey je třikrát destilovaná a po tři roky skladovaná v dubových sudech. Americká whiskey je nejčastěji destilovaná z **kukuřice**. Bourbon je americká whiskey pocházející ze státu Kentucky obsahující nejméně 51 % kukuřice (např. Jim Beam). Whiskey z jiných amerických států se většinou neoznačuje jako bourbon, i když podle amerických potravinářských norem bourbonem je; nejznámější je Tennessee whiskey (např. Jack Daniel's). Kanadská whisky je většinou jemnější a z **více druhů obilovin**, převážně však obsahuje **žito**.

Výsledný dojem z whisky velmi ovlivní, zda byla při **sušení sladu** použita **rašelina**, či nikoliv. Některé palírny používají slad, který byl sušen nad rašelinou a má silnou rašelinnou příchuť. Některé jiné skotské palírny však zase používají slad, který nad rašelinou nebyl sušen vůbec. Každá rašelina je jiná a dodává whisky jiné vlastnosti, proto se palírny snaží sušit na stále stejné rašelině a odborník hlídá charakter kouře. Obvyklá doba sušení sladu je 18 hodin. Známé muzeum historie a výroby whisky je v Edinburgu.

#### 5.3.6.4 Rum

Základem pro výrobu tzv. pravého rumu je **sladký sirob**, vedlejší produkt vznikající při výrobě cukru z **cukrové třtiny**. Rostliny se rychle rozřežou a lisováním získaná sladká šťáva se jímá. Tato šťáva se následně několikrát povaří a nakonec rychle vychladí. Potom je šťáva zředěna vodou a prochází filtračními procesy, dokud není směs dostatečně čistá a dokud není dosaženo požadované hustoty a kyselosti. Poté se přidá kvasničná kultura a začíná fermentace.

Lehké bílé rumy kvasí přibližně 24 hodin, těžké tmavé rumy až 12 dní. Produkt fermentace se ihned destiluje. Destiláty vypálené kteroukoli technikou jsou bezbarvé, barva je získána až zráním v dubových sudech. Jedná se o tradiční postup, právě dřevo dodá rumu kromě barvy také charakteristické aroma. Lacinější variantou je přidání lihovarnického karamelu.

Lehké bílé rumy nezrají buď vůbec, nebo maximálně tři léta, těžší rumy minimálně tři roky. Horní hranice zrání je různá, nejčastěji 20–40 let.

#### 5.3.6.5 Arak nebo arrack

Podle jedné z variant pochází z arabského slova „araq“, jež znamená zkondenzovaný, a představuje tedy vlastně termín pro kořalku. Druhá interpretace odkazuje na staroindické „arak“, což znamená pití.

V případě **araku** hovoříme o středně silném až silném destilátu čirého charakteru aromatizovaném **anýzovým výtažkem**. Podobá se francouzským anýzovkám – stejně jako ony se ředí vodou a jejím přidáním na pohled zmléční. Jedná se o tradiční pálenku země Blízkého východu, zejména Libanonu, Sýrie a Iráku. Prvotní surovina, již je obvykle **víno z révy vinné** (v Iráku se používá rovněž datlové víno), se dvakrát destiluje, anýz se přidává až při druhé destilaci.

**Arrack** je ušlechtilá lihovina vyrobená **destilací zakvašených palmových šťáv** nebo **třtinové melasy**. Někdy bývá nesprávně považována za rýžovou pálenku, **rýže** se však používá pouze na **zákvas**. Teprve potom se přidává palmová šťáva nebo sirob z cukrové třtiny, a jakmile společně zkvasí, přikročí se k opakované destilaci. Arrack se vůní i chemickým složením podobá rumu, mívá však méně esterů a volných kyselin. Barva arracku je slabě žlutá, může být i bezbarvý. Vyrábí se v Indii, Indonésii, ale také na Srí Lance.

#### 5.3.6.6 Vinný destilát – Cognac

Jeho objev je vázán na nespotebovaná **bílá vína**, která se **vydestilovala** a hlavně **nechala zrát**. Nefiltrovaný a nečeřený mošt se ve velké nádrži prokvasí a nakonec se společně s kvasinkami destiluje. Část charakteristických a hůře těkajících látek buketu kořalku vzniká z vinných kvasinek. Pak dochází k pálení. Relativně krátký čas probíhá zrání v nových sudech, potom následuje přelití do již použitých soudků. Nejkratší celková doba zrání je tři roky. Kvalitnější vinné destiláty zůstávají v sudu podstatně déle a přitom se množství neustále doplňuje. Dále se přidává cukr, kulér, extrakt ze dřeva, příp. švestkový extrakt.

## Literatura

- Arora, D. K. (ed.) (2004): Handbook of Fungal Biotechnology, 2nd Edition. Mycology Series, vol. 20. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4018-1.
- Arora, D. K. (ed.) (2004): Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Mycology Series, vol. 21. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4770-4.
- Custers, R. (2006): Průvodce biotechnologiemi: biotechnologie v zemědělství a potravinářství. Academia, Praha. ISBN 80-200-1350-4.
- Göllés, A. (2001): Ušlechtilé destiláty: Praktická kniha o pálení. Ivo Železný, Praha. ISBN 80-237-3642-6.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. et al. (2012): Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.
- Trnka, R. (2001): Vína, likéry a destiláty: tajemství výroby. Grada Publishing, Praha. ISBN 80-247-9003-3.
- Uhrová, H. (2009): Domácí výroba slivovice a ostatních destilátů, ovocných šťáv, sirupů a vín. Víkend, Český Těšín. ISBN 978-80-7433-014-8.

# POUŽITÍ HOUBOVÝCH MIKROORGANISMŮ K VÝROBĚ SÝRŮ A DALŠÍCH POTRAVIN

# 6



„Hlad naučil lidi vymýšlet nové pokrmy.“

(Seneca, přelom letopočtu)



## 6 POUŽITÍ HOUBOVÝCH MIKROORGANISMŮ K VÝROBĚ SÝRŮ A DALŠÍCH POTRAVIN

### 6.1 Sýry

Sýrem rozumíme **mléčný výrobek** vyrobený **vysrážením mléčné bílkoviny** z mléka působením **syřidla** nebo jiných vhodných **koagulačních činidel**, **prokysáváním** a **oddělením** podílu **syrovátky**. **Sýry** existují v **mnoha rozmanitých druzích** (Obrázek 6.1) a konzumují se při různých příležitostech. Sýr se vyrábí téměř na celém světě a v některých zemích je dokonce považován za nejdůležitější potravinu. Nizozemci nejraději jedí tenké plátky sýra na chlebu k snídani nebo k lehkému obědu či si dávají kostičky sýra večer ke sklence vína. V zemích, jako jsou Francie, Itálie, Španělsko, ale také Anglie, se sýr často podává na závěr stolování, navíc se sklenkou vína nebo portského. Ve Skandinávii si lidé namáčejí sýr do horké kávy. V alpských zemích je oblíbené fondue, kdy se do rozpuštěného sýra namáčejí kostky chleba. Ve Francii se některé druhy sýra konzumují s jahodovou marmeládou nebo medem. Ve Švýcarsku se sýr raclette zahřívá ohněm a seškrabuje nožem. Japonci obalují malé porce ochuceného sýra ovocem a čokoládou jako bonbony.



**Obrázek 6.1** Srovnání sýrů vyráběných různými postupy: (A) Provolone – pařený polotvrdý sýr s mlékárenskými kulturami; (B) Gran Moravia – extra tvrdý sýr konzervovaný lysozymem; (C) Verena – poloměkký sýr z lisované sýřeniny; (D) Buché chèvre – měkký zrající koží sýr s plísní na povrchu; (E) Niva – sýr s plísní očkovanou dovnitř bochníku. Foto: M. Sedlářová

### 6.1.1 Historie výroby sýrů

**První sýry** objevily náhodou **kočovní kmeny jižní Asie a Středního východu**. Když kočovníci nalili čerstvé mléko do kožených vaků, aby mohli během dlouhých jízd utišit žízeň, mléko se změnilo v bledou, lehce nakyslou tekutinu (syrovátka), v níž plavaly husté chuchvalce bílé sýřeniny. **Kožené vaky** se totiž vyráběly **ze žaludků mladých zvířat**, např. telat, a obsahovaly pravděpodobně ještě srážecí enzymy, zvané renniny. Zbytek vykonalo slunce a pohyby klusajícího koně.

**Další způsob výroby sýrů** objevily **usedlé společnosti** při chovatelství domácích zvířat (ovcí, koz a krav). Množství získaného mléka přesahovalo přímou spotřebu, začali je tedy **skladovat v nádobách**. S hygienou si nikdo hlavu nelámalo, a tak činností mléčných bakterií a skladováním mléka při vyšších teplotách došlo ke kysání, tvorbě kyseliny mléčné. Byly tak objeveny sýry z kyselého mléka.

V lidské historii lze nalézt mnoho stop, které se týkají sýra, nejstarší z nich archeologové datují do doby asi **6 tisíc let př. n. l. Sumerové** uchovávali sýr již zhruba 4 tisíc let př. n. l. Malby na stěnách různých staveb svědčí o znalosti výroby sýra ve starém **Egyptě**. Zmínky o sýru najdeme v mytologických příbězích starých Řeků, ale i v Bibli se o tomto produktu píše, a to jako o vítaném zdroji potravy a o daru.

Výrobu sýra dovedli k dokonalosti **Římané**. Ve svých obrovských domech s mnoha místnostmi mohli ovlivňovat jednotlivé fáze zrání sýrů. V Římě byl sýr považován za afrodisiakum a pokrm dávající sílu mužům. K významným faktorům, které daly vzniknout velké rozmanitosti druhů a chutí, patřily vlhkost, teplo a průvan, stejně jako kouř z kamen, omývání sýrů a přidávání bylinek. Latinské slovo „kaseus“, se v germánské kultuře změnilo na „kaese“ a později na anglické slovo „cheese“.

Mnoho současných sýrů se začalo profilovat ve **středověku**. V Itálii vznikla roku 879 Gorgonzola, v roce 1200 sýr Grana a v roce 1579 Parmigiano (parmazán). Francouzi již dlouhou dobu znali sýry jako Roquefort a Cantal. Sýr Gouda z holandské Goudy vznikl v roce 1697. První zmínka o výrobě sýrů v Čechách pochází z 10. století. K rozvoji sýrařství přispěly středověké kláštery; mniši rozvíjeli zemědělskou výrobu a znali písmo, a tak se jejich postupy na výrobu sýrů zachovaly.

Během **renesance** sýr ztratil na popularitě, neboť byl šlechtou považován za nezdravý a neurozený. Naštěstí se běžný lid a mniši, kteří kvalitu sýra neustále vylepšovali a vynalézali nové druhy, tímto názorem neřídili. Ve Francii se v té době proslavil Camembert (od roku 1791). Oblibu sýr znovu získal v 19. století, kdy se začala jeho výroba přesouvat ze zemědělských usedlostí do továren. V 19. století byla také odhalena poslední tajemství výroby sýrů, když Louis Pasteur a Ferdinand Cohn objevili **úlohu mikroorganismů v kvasných procesech**, mimo jiné i u sýrů.

Význam sýra dokládá i to, že je součástí státních hmotných rezerv České republiky; pro případ živelných pohrom a humanitárních pomoci máme připraveno cca 150 tun sýra!

### 6.1.2 Rozdělení sýrů

Kategorizace sýrů je velmi složitá, dosud neexistuje univerzální systém jejich rozdělení. Běžný spotřebitel může sýry rozlišovat dle tří základních hledisek, a to podle typu mléka, obsahu tuku a obsahu sušiny. Také se, ale méně často, používá dělení podle výrobního postupu.

#### 6.1.2.1 Dělení sýrů podle typu mléka

Podle původu mléka rozeznáváme sýry z **kravského, ovčího, buvolího a kozího mléka** a jejich směsí. Rozlišují se rovněž sýry z pasterizovaného a nepasterizovaného mléka.

#### 6.1.2.2 Dělení sýrů podle obsahu tuku

Tučnost sýra vypovídá nejen o množství tuku, ale také o jeho chutnosti, protože tuk je v mléčných výrobcích nositelem chuti. V sýrařství se u většiny výrobků nevyjadřuje tučnost absolutní, nýbrž **obsah „tuku v sušině“** (zkratka tvs), kde sušina je hmota, která zbude po dehydrataci sýra. Například sýr

s označením 40+ tak neobsahuje 40 % tuku absolutně, ale 40 % tuku v sušině. Pokud sýr obsahuje zhruba 40–50 % vody (např. Gouda), znamená to, že 40 % tuku z 50–60 % sušiny činí přibližně 20–24 % tuku z celého výrobku.

Podle obsahu tuku v sušině (tvs) se sýry nejčastěji dělí následovně:

- vysokotučné – nad 60 % tvs,
- plnotučné – 45–60 % tvs,
- polotučné – 25–45 % tvs,
- nízkotučné – 10–25 % tvs,
- odtučněné – pod 10 % tvs.

### 6.1.2.3 Dělení sýrů podle obsahu sušiny (tvrdosti)

Rozdělení sýrů podle konzistence vychází z poměru mezi obsahem vody a sušiny, tj. čím méně vody, tím více sušiny sýr obsahuje, a naopak. Konzistenci sýra kromě obsahu vody ovlivňuje i obsah tuku. V nejjednodušším a legislativně zakotveném rámci se sýry rozdělují podle obsahu sušiny na:

- tvrdé – obsah vody nejvýše 45 %,
- měkké – obsah vody nad 45 %.

Velmi často se však používá i daleko rozšířenější a jemnější stupnice dělení.

**Čerstvé sýry** mají vysoký obsah vody (19–38 % sušiny), mají tvarohovou konzistenci a jsou určeny pro rychlou konzumaci bez dalšího zrání. Mezi tyto sýry patří např. čerstvý sýr, tvaroh, Cottage, Fromage Frais, Lučina, Mascarpone, Ricotta či Žervé.

**Měkké sýry** procházejí krátkým obdobím zrání. Obsahují menší množství vody a tuku, sušina tvoří 40–50 %. Jsou tak smetanové, že je někdy lze mazat i na chléb (smetanový sýr, brynza). Příklady měkkých sýrů s plísní na povrchu jsou Brie, Bûché de chèvre, Camembert či Neufchâtel. Mezi měkké sýry patří i sýry dozrávající pod mazem (Romadur nebo pivní sýr) nebo sýry zrající v solném nálevu (Akawi, Feta = balkánský sýr).

**Polotvrdé (nářezové) sýry** mají hutnou strukturu (45–55 % sušiny), ale lze je ještě snadno krájet. Při lehkém stlačení jsou pružné, např. Gouda, Eidam, Provolone, Raclette či Verena. Jediným typicky českým sýrem v této kategorii je Moravský bochník, výrobní proces ostatních byl převzat.

**Tvrdé sýry** jsou robustní, mají tvrdou a pevnou konzistenci (podíl sušiny je přes 60 %), často je nelze nakrájet, aniž by se sýr nerozdrobil. Většina těchto sýrů se tudíž nabízí především v lámané, nastrohané nebo namleté formě. Příkladem je Čedar, Ementál, Gran Moravia, Parmazán, Pecorino či Sbrinz. Zde je namístě zmínit, že při výrobě Ementálu jsou využívány mléčné bakterie druhu *Propionibacterium freudenreichii*, díky kterým se kyselina mléčná přemění na oxid uhličitý, který vytváří dutiny, a tak specifickou strukturu tohoto sýra s oky.

### 6.1.2.4 Další typy sýrů

Některé typy sýrů těžko zařadíme do výše zmíněných kategorií, např. **tavené sýry**, které se začaly vyrábět na počátku 20. století. Výrobní proces zahrnuje zahřátí jednoho nebo více přírodních sýrů na teplotu 70–95 °C za vysokého tlaku. Aby se docílilo homogenní struktury, přidá se máslo a tavicí soli, především fosfát sodný. Sýrová hmota se nalije do forem, ochladí a nechá se ztuhnout. Tavený sýr je pro výrobce praktický, na trh přichází se standardizovanou strukturou, vůní a chutí. Kromě toho někteří spotřebitelé oceňují, že je mimořádně trvanlivý. V domácích podmínkách lze obdobnou potravinu vyrobit smícháním tvarohu se lžičkou jedlé sody a trochou másla.

Dalším zajímavým typem sýrů jsou **syrovátkové sýry**. Některé z nich se označují jako „znovu vařené“. Výroba syrovátkových sýrů je založena na srážení syrovátkových bílkovin buď zahušťováním, tj. odpařováním vody, nebo okyselením a současným zahřátím syrovátky na teplotu kolem 90 °C. Vznikají dva zcela odlišné druhy sýrů: první jsou tzv. hnědé sýry, např. Mysost, druhé jsou sýry italského typu, např. Ricotta.



**Pařené sýry** tvoří jakýsi přechod od měkkých sýrů k tvrdým. Při jejich výrobě se sýřenina spařuje horkou vodou nebo párou a výsledná hmota se tvaruje pod tlakem ve formách. Příkladem je italská Mozzarella, slovenská Koliba, Korbáčiky či Parenica.

Zajímavou skupinou, které budeme věnovat dále v textu zvláštní pozornost, jsou **sýry s plísní na povrchu nebo uvnitř**. Ve světě existuje řada sýrů s bílou plísní na povrchu, patří mezi ně Camembert, Brie, Neufchâtel, Olivet (zraje 3 měsíce ve voňavém popelu z vinic). Příkladem sýrů s modrou plísní v sýrové hmotě jsou Caesar Bleu, Danablu, Gorgonzola, Niva, Roquefort či Stilton.

### 6.1.3 Výroba sýrů

Postupy výroby jednotlivých typů sýrů jsou rozmanité, obecný přehled přináší **Obrázek 6.2**, přičemž některé kroky mohou být nahrazeny jinými nebo chybět. Základní surovinou při výrobě sýrů je mléko plnotučné nebo odtučněné, smetana a podmáslí. Ty se sráží pomocí **syřidla (výroba sladkým způsobem)** nebo **kultur bakterií mléčného kvašení (výroba kyselým způsobem)**, kdy bakterie zkvasí mléčný cukr (laktózu) obsažený v mléce na **kyselinu mléčnou**, která pak vysráží bílkoviny. Sraženina se dále zpracovává na sýr. Pokud se použije syřidlo, získáme sladké sýry typu Brie, Gouda, Ementál apod. Pokud se pro výrobu použijí mléčné bakterie, pak vznikne sýr z kyselého mléka, např. tvaroh, selské sýry, vrstvené zrnité sýry (cottage cheese) apod.

#### 6.1.3.1 Mléko

Mléko pro výrobu sýrů musí být získáno od zdravých, správně krmených a ošetřovaných zvířat. Po nadojení má být odborně ošetřeno a uchováno do doby odvozu do mlékárny. U mléka se při nákupu hodnotí jeho vzhled, vůně a konzistence. Dále pak titrační kyselost, obsah tuku, bílkovin, tukuprosté sušiny, bod mrznutí a v mléce přítomné druhy mikroorganismů. Nutnou vlastností mléka pro výrobu sýrů je dobrá **kvasnost** (schopnost rozvíjet bakterie mléčného kvašení) a **syřitelnost** (schopnost vytvářet působením syřidla sýřeninu).

#### 6.1.3.2 Pasterace mléka

Mléko k sýření může být zpracováno v syrovém stavu (sýry z nepasterovaného mléka mají trochu odlišnou chuť i vůni), nebo musí být upraveno zahříváním (nejčastěji pasterace, méně terminace). Mléko zpracovávané v ČR musí projít pasterací, terminaci má povolenu pouze mlékárna Orrero.

Doporučená teplota pro výrobu sýrů v ČR je 72 °C po dobu 20–30 sekund nebo 63–65 °C po dobu 30 minut. Usmrtí se tak nežádoucí bakterie, což zabezpečuje nezávadný mikrobiologicko-hygienický stav mléka k sýření. V praxi je možné používat i jiných kombinací pasteračních teplot a časů. Velmi to záleží na druhu vyráběného sýru, ale také na technologickém vybavení mlékárny.

#### 6.1.3.3 Standardizace a homogenizace mléka

Při **standardizaci** se mléko odtučňuje nebo se do něj naopak tuk přidává. **Homogenizace** mléka je vhodná zvláště pro některé druhy sýrů, např. Nivu. Dochází při ní ke zmenšení tukových kuliček v mléce, a tím pak ke snadnějšímu rozkladu tuku v průběhu zrání, k tvorbě charakteristické chuti a vůně sýra.

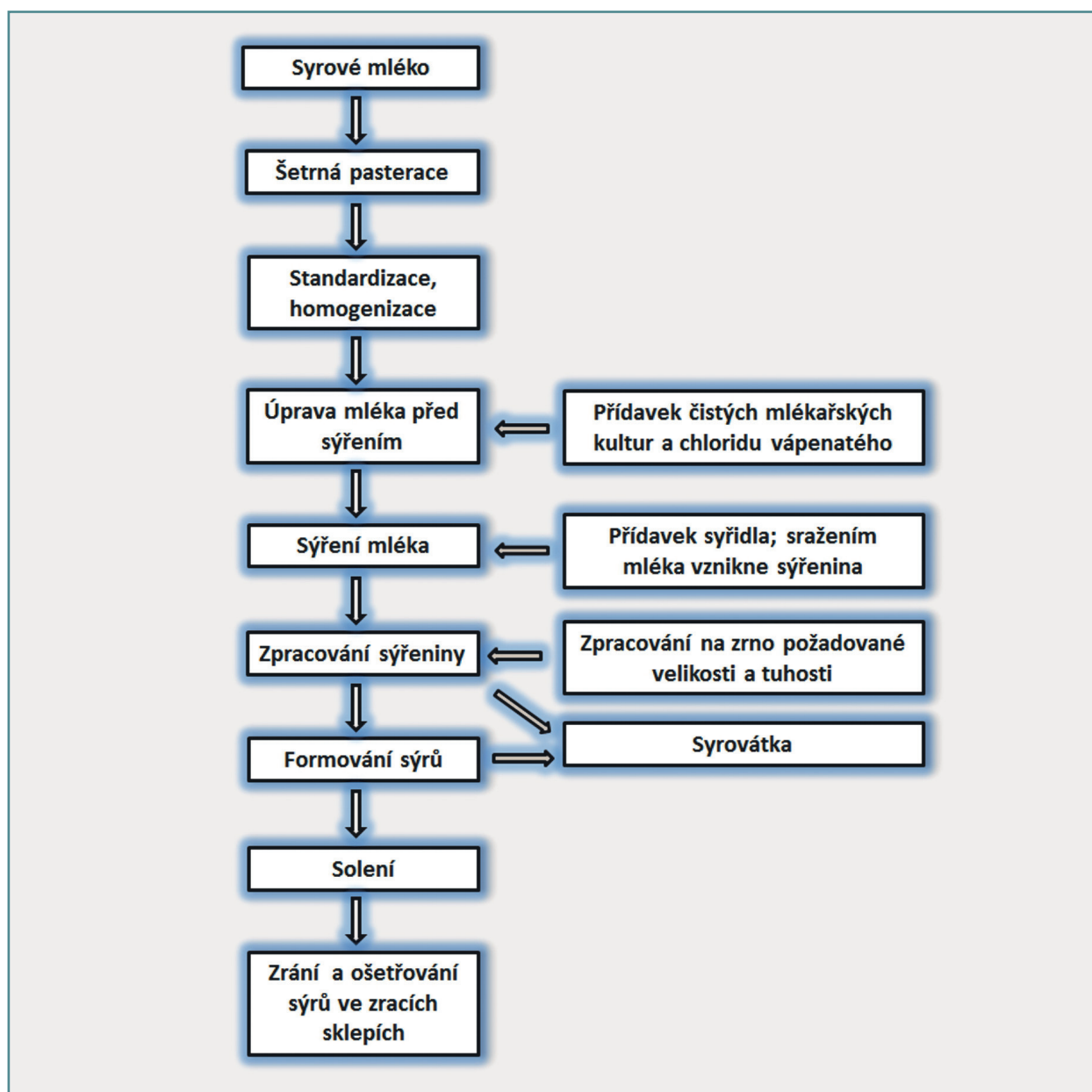
#### 6.1.3.4 Úprava mléka před sýřením

Důležitým krokem je prvotní úprava mléka před samotným procesem výroby sýrů. Do mléka se přidávají bakterie mléčného kvašení. Celá směs se ohřívá na 18–32 °C, při kterých se bílkoviny vysrážejí bakteriemi mléčného kvašení, které tvoří kyselinu mléčnou, nebo syřidlem (viz kapitola 6.1.3.6). Celý proces v případě mléčného kvašení běžně trvá až 20 hodin, v případě přidavku syřidla zpravidla 30 až 45 minut. V této fázi se také přidávají některá aditiva, např. CaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, karoten, lipasy.

### 6.1.3.5 Mlékařské kultury

Mezi mlékařské kultury řadíme **bakterie mléčného kvašení**, které podle metabolismu spadají do dvou skupin. Výsledným produktem fermentace **homofermentativních mléčných bakterií** (např. *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Streptococcus thermophilus*) je pouze kyselina mléčná, kdežto **bakterie heterofermentativní** (např. *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*) tvoří kromě kyseliny mléčné i směs dalších látek, kyselinu octovou, kyselinu propionovou, etanol, glycerol, oxid uhličitý, popř. vodík.

Jiné rozdělení mlékařských kultur vychází ze způsobu jejich využití v sýrařství. **Primární kultury** (základní) zajišťují prokysání mléka i sýrů, uvolňují enzymy podílející se na následné tvorbě aroma. Podle nároků na teplotu rozlišujeme **mezofilní kultury**, které tvoří smetanový zákys a někdy se používají i pro předzrání mléka (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *L. l.* ssp. *cremoris*), a **termofilní kultury**, které jsou využívány pro sýry s vysokodohřívanou sýřeninou (*Lactobacillus helveticus*, *Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*). **Sekundární kultury** (doplňkové) jsou specifické pro jednotlivé druhy sýrů. Pro tvrdé sýry se využívá zejména *Lactobacillus helveticus*, *L. casei*, dále pro hlubší proteolýzu se volí *L. delbrueckii* ssp. *lactis*. U sýrů ementálského typu se používají bakterie propionového kvašení, např. *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *freudenreichii*, *P. f.* ssp. *shermanii*.



Obrázek 6.2 Technologie výroby sýrů (upraveno podle Kadlec et al., 2012, překresleno: B. Mieslerová)

Při výrobě sýrů zrajících pod mazem se přidává **mazová kultura** *Brevibacterium linens* spolu s kvasinkami rodu *Mycoderma*. Doplnkovou kulturou pro sýry s plísní na povrchu jsou *Penicillium camemberti* (syn. *P. caseicola* a *P. candidum*). Pro sýry s modrou plísní se mléko očkuje kulturou *P. roqueforti* (a *P. glaucum*).

#### 6.1.3.6 Sýření mléka a zpracování sýřeniny

Účinek syřidla spočívá v působení proteolytických enzymů na kasein. Syřidlem je nejčastěji **enzym chymozin** ze žaludků mladých koz, ovcí a telat, který vysráží kaseinové bílkoviny a tím rozloží mléko na tekutou a pevnou část. Tento enzym lze získat i z rekombinantních organismů (*Escherichia coli*, *Kluyveromyces lactis*, *Aspergillus niger*) jako první GMO enzym od roku 1988 schválený pro potravinářské použití. Jako syřidlo lze použít i šťávu z listů fíkovníku nebo svízele. To je ale v dnešní době opravdu rarita a tento postup se používá jen u několika druhů tradičně vyráběných sýrů.

Syřidlo se vmíchává do zahřátého mléka. Následně dojde k vysrážení, kdy se mléko rozdělí na část **pevnou**, tedy tzv. **sýřeninu**, a **tekutou**, což je **syrovátka**. Následuje zpracování sýřeniny na zrno požadované velikosti a tuhosti **řezáním** pomocí **sýrařské harfy**. Větší sýrové zrno obsahuje víc vody než malé, a proto čím jemněji se sýřenina rozřeže, tím více syrovátky se uvolní a tím pevnější bude budoucí sýr. Platí také, že čím chceme vyrobit sýr o vyšší sušiny, tím více musí být přehříván. Na 1 kg tvrdého sýra se spotřebuje 11–13 l mléka, na 1 kg sýra čerstvého 4–5 l mléka.

#### 6.1.3.7 Formování sýrů

Při tomto procesu se **sýřenina oddělí od syrovátky** a **umístí se do forem**. Při výrobě velkých bochníků sýrů se sýřenina z kotle vybírá plachtou, syrovátka se nechá okapat a teprve potom se hmota napěchuje do forem. Další možností je, že se sýřenina tlakem vylisuje, a potom se formuje nebo krájí na kusy. **Lisováním se odstraní zbytky syrovátky**, doba a síla tlaku je u různých druhů sýra odlišná, stejně jako rozhodnutí, zda se sýr bude během lisování obracet.

#### 6.1.3.8 Solení sýrů

**Většina sýrů se solí**, jen některé čerstvé tvarohové sýry se nesolí. Solením získávají sýry slanou chuť a zpevňuje se jejich tvar. Nejčastěji probíhá **solení v lázni**, která umožňuje mechanizaci solení. Další možností je **solení sýrů do těsta** (Čedar, Gorgonzola) anebo tzv. **na sucho** (Feta, Niva), kdy se sůl roztírá po povrchu sýra. Doba naložení je mezi hodinami a dny.

Solení je důležité z pohledu kontroly vývoje mikroorganismů, získávání žádoucího vzhledu i konečné chuti. Nejenže sůl sýr dochucuje, ale také odebírá přebytečnou syrovátku, chrání před vysycháním a zároveň jej **konzervuje**.

#### 6.1.3.9 Zrání sýrů

Zrání je enzymatický pochod, během kterého sýr získává svou charakteristickou vůni, chuť, vzhled a konzistenci. Mění se složení sýra, k největším změnám dochází u mléčného cukru a bílkovin. Zrání rozeznáváme **primární čili anaerobní**, kdy sýry prozrávají v celé hmotě, a **zrání sekundární čili aerobní**, kdy sýry zrají od povrchu dovnitř. Zjednodušeně můžeme říct, že primární zrání probíhá pomaleji (u sýrů tvrdých, s plísní ve hmotě) a sekundární rychleji (u sýrů kyselých a měkkých). Je zde však mnoho odchylek. Mezi sýry kyselé řadíme tvarohy, u nichž ale zpravidla k sekundárnímu zrání nedochází. Výjimku tvoří tvarůžky, které se vyrábějí z tvarohu. Zde sekundární zrání probíhá díky *Brevibacterium linens* a kvasinkám. Další měkké sýry, kde probíhá sekundární zrání, jsou sýry s plísní na povrchu anebo s mazovou kulturou.

Zrání probíhá ve zracích místnostech, kde je nutné udržovat optimální teplotu a relativní vlhkost dle druhů sýrů. Sýry se ošetřují ve sklepích otíráním 3% solným roztokem nebo roztíráním mazové kultury (např. u sýrů typu Romadur – *Brevibacterium linens*) a současně se obracejí. Tvrdé sýry se obracejí, což podporuje vytvoření celistvého povrchu. Při zrání pod plísní se sýry jen obracejí. Sýry s plísní v těstě (např. Niva)



se otáčejí, oškrabávají a omývají solným roztokem a dvakrát až třikrát se provzdušňují propichováním (podporuje růst plísně). Sýry mohou zrát **několik dnů, ale i řadu měsíců** (i celé roky), např. známý Eidam zraje 3–6 týdnů.

#### 6.1.3.10 Balení

Neméně důležitou součástí výrobního postupu, která má velký vliv na kvalitu sýru, je balení. Sýry se balí do různých druhů materiálů (papír, fólie hliníková, plastová, plastové krabičky, sklenice). Na etiketě pak nesmí chybět název sýra, místo výroby, jméno či název a adresa producenta, ale také obsah sušiny a tuku v sušině. Francouzský Morbier je tradičně sypán popelem, dříve kvůli konzervaci.

### 6.1.4 Výroba plísňových sýrů

Plísňové sýry patří mezi nejpikantnější, u nás i ve světě jsou velmi oblíbené. V současnosti se vyrábí okolo 500 různých druhů sýrů, z nichž pouze malé procento je produkováno pomocí hub. Tyto sýry se dají rozdělit do dvou skupin: sýry typu **roquefort (s plísní uvnitř)** a sýry typu **camembert (měkký zrající s plísní na povrchu)**. Kombinací obou technologií je např. český výrobek Vltavín.

#### 6.1.4.1 Sýry typu roquefort

Modrý sýr typu roquefort (u nás je podobným druhem Niva) vzniká působením kultury *Penicillium roqueforti*.

Pravý **Roquefort** je sýr, který musí splňovat dvě základní podmínky: být vyroben z **nepasterovaného ovčího mléka** (má přibližně 52 % tuku v sušině) a zrát v jeskyních na historickém území Roquefortu (Francie). Tento sýr patří mezi nejstarší známé sýry ve světě a byl oblíbený i Karlem Velikým. Pochází z vesnice Roquefort-sur-Soulzon, kde musí sýr po léta zrát ve zdejších vápencových jeskyních. Znamé modré žilkování pochází od spor plísně *Penicillium roqueforti*, původem právě ze **stěn** zmíněných **vápencových jeskyní** na jihu Francie, kde sýr dozrává i po několik měsíců (nejčastěji 5 týdnů až 3 měsíce). Navíc je dnes plíseň při výrobě sýra uměle očkována. Pravý sýr Roquefort je označen červenou ovčí na štítku obalu.

Počáteční fáze výroby sýru Roquefort jsou obdobné jako u dalších druhů sýra. Do plnotučného nepasterizovaného ovčího mléka, které se zahřeje na pouhých 32 °C, se **plíseň přidává zároveň se syřidlem**. Výroba bochníku sýra trvá jeden den, dva dny sýr schne, pět dní se otáčí a solí. Než je uložen do jeskyní, je každý bochník **propíchnut 32 tenkými jehlami**, aby mělo mycelium přístup kyslíku a mohl unikat CO<sub>2</sub> vznikající štěpením bílkovin a tuků.

K pěstování *P. roqueforti* využívá každá z firem trochu jiný způsob. Kultivace se provádí na **malých šiškách chleba** v uzavřených lahvích, **na polosyrovných chlebových bochnících**, které se následně rozemelou, ale i méně tradičně **na povrchu vysterilizovaných krup** – do sýrové hmoty se spory splachují vodou. *P. roqueforti* může tolerovat vysoký obsah oxidu uhličitého a nízkou úroveň kyslíku, prorůstá do tvarohu v místech uměle vyvrtaných děr. Některé kmeny *P. roqueforti* mohou produkovat mykotoxin roquefortin, proto je nutné striktně používat pouze netoxinogenní kmeny.

**Sýr Roquefort zraje optimálně tři měsíce**. Pro zrání se tradičně využívá **původních jeskyní** v oblasti. V současnosti upravené prostory jsou nadále větrány přírodními tunely, zvanými *fleurine*, jejichž trasy se v některých případech nepodařilo dodnes zmapovat. Pro Roquefort je důležité to, že fleurine (od francouzského slova foukat) zajišťují uvnitř jeskyní celoročně teplotu 8–12 °C a vlhkost až 95 %. V průběhu zrání jsou bochníky ošetřovány tak, že se z nich ručně seškrabují nežádoucí plísně.

V České republice se pomocí *P. roqueforti* vyrábí český sýr **Niva**, který je však vyroben z **kravského mléka**. Znalosti o způsobu výroby tohoto typu sýra se k nám dostaly zřejmě začátkem 20. století prostřednictvím putujících sýrařů, kteří u nás zavedli i výrobu jiných sýrů. Originální název Roquefort se udržel

asi do roku 1935. Ve 40. letech 20. století se název Roquefort stal chráněným názvem, proto se hledal nový. Technologa z mlékárny v Českém Krumlově (dnes Madeta) napadla „niva“, protože modrozelená barva sýra mu připomínala úrodnou louku. Jednotný název **Niva** byl ustanoven v roce 1946, do té doby vyráběla sýr s vnitřní plísní celá řada sýráren pod různými názvy. I u nás se k dozrávání plísňového sýru Niva využívala jeskyně, a to od roku 1963 do roku 2003, konkrétně jeskyně Michalka v Moravském krasu (mlékárna Otinoves). Nivu jako zavedený název používají všichni stávající výrobci v Česku. Pouze dvě značky, Jihočeská niva a Jihočeská zlatá niva, mají ochranné označení Evropské unie. Byl veden spor o užívání tohoto názvu se Slovenskem, které jej prohrálo, ve většině ostatních států EU označení niva neznají.

Z ostatních druhů plísní, které slouží k výrobě sýrů s plísní uvnitř těsta, jmenujme alespoň ***Penicillium glaucum*** (nyní zařazován do ***P. roqueforti***), druh používaný k výrobě sýrů Fourme d'Ambert, Gorgonzola a Stilton.

#### 6.1.4.2 Sýry typu camembert

Sýry typu camembert jsou vyráběny za použití ***Penicillium camemberti*** (syn. ***P. caseiolum*** a ***P. candidum***). Tyto plísně tvoří hustý povrch mycelia na vnější straně sýrů, jejich extracelulární proteasy pronikají dovnitř, metabolizují mléčné bílkoviny a dávají sýru hebkost, měkkost a konzistenci másla.

Některé kmeny ***P. camemberti*** při teplotě nad 10 °C mohou produkovat mykotoxin, kyselinu cyklopiazonovou. Proto musí výrobci opět používat pouze netoxinogenní kmeny s vhodnými technologickými vlastnostmi.

Také Camembert patří mezi **historicky oblíbené sýry**. K jeho vzniku došlo patrně náhodou, když odložený syreček porostl bílou plísní a zjistilo se, že má skvělou chuť. Vyrábí se z **nepasterovaného** kravského mléka, ve Francii i ze směsi kravského a kozího mléka. Povrch každého sýra se postříká vodní suspenzí spor ***P. camemberti*** a sýry zrají alespoň tři týdny. Vyrábí se v malých nízkých válečcích o hmotnosti 250 gramů, které jsou baleny do papíru a poté do krabiček.

Sýr typu camembert se stal oblíbeným již u starší generace našich sýrařů, a proto i u nás začaly první pokusné výroby plísňových sýrů. V **Čechách** se koncem 19. století začal vyrábět v Nalžovech (dnes Nalžovských horách) nedaleko Sušice náš původní, **nalžovský sýr**. Byl to plísňový sýr s růžovou plísní na povrchu, který se vyráběl na způsob camembertu. K výrobě se používala kulturní plíseň ***P. nalgiovensis***. Nalžovský sýr se již nevyrábí, i když se čeští technologové snažili jeho výrobu obnovit. Za první republiky výroba tohoto druhu sýra pokračovala. V té době se vědělo, že značka Camembert je patentově chráněná, a proto se hledal jiný vhodný název, pro naši zem srozumitelný. Vznikl název **Hermelín**, podle podoby porostu bílé plísně s kožešinou hermelínového pláště vyráběného z bílých kůží hranostajů.

Při výrobě Hermelínu se mléko nechá smetanovým zákysem prokysat na titrační kyselost 8,5 SH, následně se sýří a přidává se suspenze plísně. Ztužené zrno se po oddělení syrovátky tvaruje. **Musí se čtyřikrát obracet** (kvůli rovnoměrnému odkapu syrovátky), poprvé ihned po tvarování, poté po 10, po 100 a naposledy po 240 minutách. Nejprve narůstá mycelium, následně dochází k vlastnímu zrání hmoty (obden se obrací).

Ve světě se vyrábí řada dalších podobných sýrů s plísní na povrchu, např. Olivet, Neufchâtel, Brie.

## 6.2 Další potraviny vyráběné s pomocí houbových mikroorganismů

### 6.2.1 Sójová omáčka

Pravá sójová omáčka je vyráběna ze směsi **sójových bobů, mouky a pšenice**. Sójové boby se uvaří, rozmixují a smíchají s rozmačkanou praženou pšenicí. Celá směs je potom inokulována houbou ***Aspergillus oryzae*** a inkubována při 25 °C 18 dní. Následuje promíchání a inkubace při 30–35 °C 48 hodin, poté





**Obrázek 6.3** Potraviny vyráběné s využitím mikromycet: (A) sójový produkt „tempeh“; (B) „nasi campur“ – příklad servírování opečeného tempehu a (C) jeho prodej na trhu v Indonésii; (D) sójový produkt „miso“; (E) tibetský hříbek a (F) mikroorganismy, které jej tvoří; (G) kombucha. Foto: B. Mieslerová (A, D), M. Sedlářová (B, C, F), M. Kopecká (E), K. Křížková (G)

rozmíchání se solným roztokem a inokulace **kvasinkami** a bakteriemi rodu *Lactobacillus*. Celá směs se pak musí uležet až šest měsíců, zrání trvá až 2 roky.

Na trhu jsou i levné nefermentované sójové omáčky, vyráběné vařením sójových bobů s kyselinou chlorovodíkovou. Při varu se uvolňují aminokyseliny, směs se dochucuje a dobarvuje pomocí karamelové barvy, kukuřičného sirupu a soli.



### 6.2.2 Miso

Miso má významné místo mezi asijskými jídly, vyrábí se za pomoci fermentujících hub v Japonsku. Jedná se o hustou pastu, používanou jako pomazánka, která je vyráběná ze **sójových bobů a rýže**, sójových bobů a ječmene nebo samotných sójových bobů za pomoci houby ***A. oryzae***, následně je směs inokulována kvasinkou ***Saccharomyces rouxii***. Poté směs zraje dva měsíce při 35 °C a k dokončení celého procesu dochází při pokojové teplotě (dva týdny).

### 6.2.3 Tempeh

Tempeh je **druh sójového produktu**, který je výsledkem snahy přeměnit sóju na chutnější potravinu. Je oblíben u vegetariánů, veganů a makrobiotiků; jako jedna z mála vegetariánských potravin obsahuje vitamín B<sub>12</sub>. Je významnou potravinou např. v Indonésii. Uvařené sójové boby se nakládají do kultury zygomycety ***Rhizopus oligosporus***, která jimi proroste, spojí je a vytvoří tuhou hmotu bílé až šedé barvy. Zároveň uvolňuje enzymy výrazně měnící chuť. V Indonésii vařenou sójovou směs dříve balili do banánovníkových listů, na kterých se houba přirozeně vyskytovala. Dnes je častější balení produktu do ochranné fólie.

### 6.2.4 Kombucha

Kombucha je **prastarý léčivý a harmonizační nápoj** se širokou škálou blahodárných účinků. Vyrábí se z **oslaženého vařeného čaje** umístěním **směsné kultury** (tzv. koláče) do tekutiny a ponecháním této směsi sedm dní při pokojové teplotě. Z kombuchy bylo izolováno mnoho bakterií a mikromycet, např. *Acetobacter ketogenum*, *Bacterium gluconicum*, *B. xylinoides*, *B. xylinum*, *Pichia fermentans*, *Saccharomyces ludwigii*, *S. apiculatus*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Torula* spp. a další. Kultura plave na hladině čajového nálevu, rozrůstá se jako hnědá rosolovitá placka a mikroorganismy fermentují cukry z nálevu. Výsledná tekutina je směsí řady látek podporujících imunitní systém: enzymů, vitamínů – především ze skupiny B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>) a kyseliny glukuronové, která detoxikuje organismus a odbourává alkohol. Kombucha se tedy užívá při čištění organismu, ale i jako podpůrný prostředek při léčbě nádorových onemocnění.

### 6.2.5 Tibetská houba (hindukušský hříbek)

Z Kavkazu pochází **kefíru podobný mléčný kvašený nápoj**, díky jehož příznivým účinkům se tamní pastevci dožívali vysokého věku. Do mléka se přidává tzv. hindukušský hříbek neboli „jogo“ – **směsná kultura kvasinek** (*Candida tenuis*, *Kluyveromyces lactis* atd.) a **bakterií mléčného kvašení** (*Streptococcus bovis*, *S. suis* atd.) v podobě květákovité hmoty. Po propláchnutí vodou se jogo přidá do syrového kravského mléka ve skleněné nádobě, ta se zakryje prodyšnou tkaninou a ponechá 24–26 hodin při pokojové teplotě. Při delší fermentaci (2–3 dny) má tekutina ostřejší chuť. Udržování jogo je náročné v tom, že by se kultura měla propláchnout a přenést do čerstvého mléka každý den.

Mezi blahodárné účinky nápoje z „hindukušského hříbku“ na lidský organismus patří úprava látkové výměny, krevního tlaku a hladiny cukru, rychlejší odbourávání cholesterolu v cévách, rozpouštění žlučových kamenů, pozitivní vliv na nervy a zlepšení paměti.

### 6.2.6 Fermentace masných výrobků

Mikroorganismy (bakterie mléčného kvašení a mikromycety) jsou tradičně používány i při výrobě fermentovaných masných výrobků. Dlouhou tradici má výroba nízkokyselých neuzených salámů a klobásek s plísní na povrchu ve Středomoří (Itálie, Francie, Španělsko, Turecko) (Obr. 6.4). Tyto výrobky se vyznačují dlouhou výrobní dobou (několik týdnů až půl roku). Z důvodu pomalého nástupu fermentace je nutné salámy startovat při teplotách cca 15 °C, přidávají se bakterie *Staphylococcus carnosus*, *Pediococcus*

*acidilactici*, *Lactobacillus curvatus*, pro aplikaci na povrch (ponoření, postřik suspenzí spor) se používá *Penicillium nalgiovensis*.

### 6.2.7 Další potraviny

**Quorn** je nejznámější **mykoproteinový potravinový produkt**, který je prodáván hlavně v Anglii a Irsku jako zdravá potravina bez živočišných tuků a cholesterolu a vhodná alternativa masa zejména pro vegetariány a vegany. Hlavní složkou výrobku jsou bílkoviny z houby *Fusarium venenatum*, která se pěstuje v kvasných kádích v tekutém médiu s přísadami glukózy, vitamínů a minerálních látek. Z mycelia jsou extrahovány proteiny a následně jsou tepelně upraveny. Bez tepelného zpracování purin z přítomné RNA a DNA metabolizuje na kyselinu močovou, která v nadbytku poškozuje tkáň (vzniká nemoc dna). Výsledný produkt je vysušen a smíchán s bílkem ze slepičích vajec.

**Gari** z kořenů **kasavy (manihotu; *Manihot esculenta*)** je jedním z hlavních jídel konzumovaných v západní Africe v podobě kaše nebo tenkého těsta (smísením suché směsi gari s vodou), polévky či guláše. Tradiční výroba gari je zdoluhavý proces; očištěné a nastrouhané kořeny kvasí, pak se hmota lisuje, prosévá, smaží a suší. Kvašení probíhá ve dvou fázích. Primárně je bakteriemi rodu *Corynebacterium* hydrolyzován škrob z buněk kořenů na cukry, ty jsou pak metabolizovány na organické kyseliny, které hydrolyzují kyanogenní glykosidy v kasavě za uvolnění toxického HCN. V druhé fázi kvasinky *Geotrichum candidum* přeměňují cukry na aldehydy a estery, které dávají gari jeho typickou chuť.

**Ildi** je směs **rýže** a fermentovaných děložních lístků **fazole mungo (vigna zlatá; *Vigna radiata*)**. Této fermentace se účastní mnoho **bakterií**, ale i **kvasinky** druhů *Geotrichum candidum* a *Trichosporon pullulans*. Výsledná potravina ildi má vysoký obsah aminokyselin, hlavně metioninu.

**Lao chao** je sladká čínská rýže připravená **fermentací rýže** houbami rodu *Rhizopus* společně s **kvasinkovou kulturou**. Servíruje se jako dezert s čerstvým ovocem.

**Ogi** je kaše připravovaná z **kvašené kukuřice** v zemích západní Afriky. Této fermentace se účastní řada **bakterií**, ale i **houby** rodů *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Fusarium* a kvasinka *Candida mycoderma*. Ogi se v Africe tradičně používá při odstavování dětí od kojící matky.

## 6.3 Výroba mikrobiální biomasy

### 6.3.1 Charakteristika droždí

Nejznámější produkt tvořený koncentrovanou biomasou mikromycet je **pekařské droždí**, které se používá posledních 5–6 tisíc let při výrobě některých druhů kynutého pečiva, včetně chleba. Lidé zpozorovali, že pokud obilnou mouku smíchanou s vodou nedali hned péct, tak se placka zvětšila na bochník (působením kvasinek přítomných ve vzduchu) a výsledný produkt byl kypřejší a chutnější. K pečení galského chleba v 1. století byla už záměrně používána pивní sedlina, tj. zbytkové kvasinky z výroby piva, které urychlily kynutí těsta a zaručily jeho lepší chuť.

Pro výrobu pekařského droždí (patří mezi klasické mikrobiologické výrobní procesy) se v **droždárnách** používají výlučně jen kmeny kvasinky pивní (*Saccharomyces cerevisiae*), vyšlechtěné k maximální výťažnosti a s optimálními vlastnostmi pro pekařské účely (vysoká mohutnost kynutí v těstě, trvanlivost, mikrobiologická čistota). Tato kvasinka přeměňuje cukry z mouky v těstě na etanol, který se během pečení odpaří, a CO<sub>2</sub>, který dává pečivu objem. Cílem droždáren je vypěstování co **největší biomasy** těchto kvasinek a jejich úprava do dvou výrobků: lisované droždí či aktivní sušené droždí.

Kvasnicová biomasa (droždí) obsahuje 40–60 % bílkovin, vysoký podíl vitamínů, hlavně komplexu B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>), a aminokyselin (nižší obsah sirných aminokyselin). Mezi nedostatky droždí patří nestravitelnost buněčných stěn a vysoký obsah nukleových kyselin (8–10 % sušiny).



**Obrázek 6.4** Zpracování a fermentace masných výrobků: (A) výrobní místnost na biofarmě v Accumoli v centrální Itálii; (B) maso naložené v soli; (C) zrání masových výrobků v místnosti s kontrolovanou teplotou a vlhkostí; (D) hotové salámy s povrchovou bílou plísní s krátkým vlasem. Foto: M. Sedlářová

### 6.3.2 Technologické schéma výroby droždí

K výrobě pekařského droždí se u nás používá výlučně **řepná melasa**, výjimečně s příměsí melasy třtinové. Hlavními složkami řepné melasy jsou sacharóza (cca 48–50 % hmotnosti), glukóza, rafinóza, nenasycené mastné kyseliny, enzymy, vitamíny skupiny B, řada minerálů (hlavně Ca, Mg, Fe) a voda. Obsah sušiny je asi 75–80 % hmotnosti, díky čemuž má melasa konzistenci hustého sirupu; má tmavě hnědou až černou barvu. Skladuje se v melasnicích, ze kterých je přečerpávána do nádrží, kde se připravuje **melasová zápara**. Po smíchání s vodou (poměr melasa : voda = 1 : 1,5) a částí živin je třeba melasové médium vyčeřit, tj. vysrážet nežádoucí koloidní látky, které by zhoršovaly růst kvasinek. Dodává se dusík (melasa ho obsahuje jen 1,2–1,6 % hmotnosti) a fosfor, většinou ve formě amonných solí, resp. fosforečné kyseliny. Pro první fázi výroby je nutno též přidávat růstové faktory obsažené např. v kukuřičném extraktu nebo kvasničném lyzátu, především biotin. **Kvasinky se připravují v laboratoři** (laboratorní propagace) v několika stupních (propagační poměr je 1 : 5) na objem asi 20 litrů. Poté se asepticky převedou do prvního stupně provozní propagace, která se opět provádí v několika násadních generacích kvasinek. Jeden cyklus množení trvá asi 6–8 dnů. Kromě počáteční adaptace na nové podmínky je v jednotlivých cyklech nutná i určitá doba k přípravě zákvasu ve zvyšujícím se množství pro každý další stupeň. Mezi jednotlivé generace je zařazeno **odstředování a propírání vodou**. Výsledkem je kvasničné mléko s obsahem sušiny 15–19 % hmotnosti. V této podobě se kvasinky skladují i několik dní při teplotě 5 °C. Melasové médium se dávkuje do jednotlivých provozních stupňů (včetně propagace) z přítokových nádrží.



Kultivace kvasinek probíhá při **teplotě 30–34 °C**, pH v rozmezí 4,5–6,5 a za neustálého provzdušňování. Větrání zředěných melasových zápar a **přísun kyslíku** jsou nutné pro dýchání, a tedy i pučení kvasinek, které by v anaerobních podmínkách pouze vytvářely etanol. Poslední 1–2 hodiny se již médium nepřidává a kultivace expedičního droždí probíhá téměř bez tvorby etanolu.

Po skončení kultivace se kvasinky musí rychle oddělit od zápar, což se děje **odstředěním** na kontinuálních **talířových odstředivkách**. Kvasničné mléko se několikrát propírá vodou, aby se z produktu co nejvíce vymyla melasa, která významně snižuje trvanlivost droždí.

Filtrací (kalolisy nebo vakuovými rotačními filtry) kvasničného mléka se získá biomasa s obsahem 26–30 % hmotnosti sušiny. Při konečné úpravě se snižuje koncentrace vody a na liberkovacím stroji se droždí vtlačuje do ochlazených kovových nádob, tvaruje se do kvádrů (liberek) o určité hmotnosti, balí se a expeduje.

#### 6.4 „Single cell“ proteiny – bílkoviny jednobuněčných organismů

Jedná se o směs **proteinů získaných z kultur** jednobuněčných mikroorganismů (**kvasinek, vláknitých mikromycet, řas, sinic a bakterií**), které mohou být použity pro výživu lidí a zvířat. Mikroorganismy jsou často kultivovány na **odpadních produktech** (dřevo, sláma, zbytky výroby potravinářského průmyslu, ale i lidské a zvířecí výkaly). Některé vláknité zemědělské a potravinářské odpady mohou být po „předzpracování“ různými mikroorganismy dále užitečnější na zkrmení zvířaty. Biomasa mikroorganismů je zdrojem „single cell“ proteinů (SCP), ale i aminokyselin, vitamínů skupiny B a vysokého množství RNA a DNA. Nadbytečný příjem nukleových kyselin však vede v lidském těle ke hromadění kyseliny močové, která se usazuje v kloubech a působí onemocnění zvané dna. Je tedy nutné nukleové kyseliny odbourat tím, že produkt vystavíme alkalické hydrolyze, teplotnímu šoku nebo pankreatickým ribonukleasám.

Mezi organismy používané k produkci SCP patří např. **kvasinky** (*Saccharomyces cerevisiae*, *Yarrowia lipolytica* [syn. *Saccharomycopsis lipolytica*], *S. fibuligera*, *Cyberlindnera jadinii* [syn. *Candida utilis*, *Torulopsis utilis*] a *Geotrichum candidum* [syn. *Oidium lactis*]), **vláknité mikromycety** (*Aspergillus oryzae*, *Sclerotium rolfsii* a *Trichoderma* spp.), **řasy** (*Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Dunaliella* spp.), **sinice** (*Spirulina*, *Nostoc*, *Aphanizomenon* spp.) a **bakterie** (*Rhodospseudomonas capsulata*).

Výroba SCP má **mnoho výhod**: rychlý růst mikroorganismů a vysoká produkce SCP mohou probíhat na relativně malé ploše a během celého roku (kromě kultivace řas totiž nezávisí na klimatu); potraviny/krmivo obsahují kvalitní bílkoviny a málo tuků. Problémem při získávání proteinů z odpadů zůstává jejich **nízké ředění a vysoké výrobní náklady**. Byly sice vyvinuty způsoby, jak zvýšit koncentraci SCP (odstředování, flotace, srážení, koagulace a filtrace), přesto se výroba bílkovin tímto způsobem nerozvinula do té míry, jak se původně předpokládalo.

**Tabulka 6.1** Přehled kvasinek používaných pro produkci SCP a substrátů, na kterých rostou

Organismus	Substrát	Využití
<i>Yarrowia lipolytica</i>	N-alkany	Krmivo pro zvířata
<i>Cyberlindnera jadinii</i>	Dřevní cukry, sulfidové výluhy	Krmivo pro zvířata
<i>Cyberlindnera jadinii</i> , <i>Saccharomycopsis fibuligera</i>	Zbytky ze zpracování brambor	Krmivo pro zvířata
<i>Candida paraffinica</i>	N-alkany	Krmivo pro zvířata
<i>Candida</i> , <i>Hansenula</i> , <i>Pichia</i> , <i>Torulopsis</i> spp.	Alkany, metanol, melasa	Krmivo pro zvířata
<i>Kluyveromyces</i> spp.	Sláma	Krmivo pro zvířata

## Literatura

- An, Z. (ed.) (2004): Handbook of Industrial Mycology. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. ISBN 978-0-824-75655-0.
- Arora, D. K. (ed.) (2004): Handbook of Fungal Biotechnology, 2nd Edition. Mycology Series, vol. 20. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4018-1.
- Arora, D. K. (ed.) (2004): Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Mycology Series, vol. 21. Marcel Dekker, New York, NY, USA. ISBN 0-8247-4770-4.
- Bacha, U., Nasir, M. (2011): Single Cell Protein: Production & Evaluation for Food Use: *Saccharomyces cerevisiae*, a good quality protein for human consumption. LAP Lambert Academic Publishing. ISBN 978-3-8454-3020-1.
- Custers, R. (2006): Průvodce biotechnologiemi: biotechnologie v zemědělství a potravinářství. Academia, Praha. ISBN 80-200-1350-4.
- Dijksterhuis, J., Samson, R. A. (eds.) (2007): Food Mycology: A Multifaceted Approach to Fungi and Food. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. ISBN 978-0-8493-9818-6.
- Goldberg, I. (1985): Single Cell Protein. Springer Verlag, Berlin, Germany. ISBN 978-3-642-46540-6.
- Heldman, D. L., Hoover, D. G., Wheeler, M. B. (eds.) (2010): Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. ISBN 978-0-8493-5027-6.
- Iburg, A. (2004): Lexikon sýrů: výroba, původ, druhy, chuť. Rebo, Praha. ISBN 80-7234-379-3.
- Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. et al. (2012): Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Key Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.
- Obermaier, O., Čejna, V. (2013): Jak poznáme kvalitu? Sýry a tvarohy. Sdružení českých spotřebitelů, Praha. ISBN 978-80-87719-06-0.
- Özer, B. H., Akdemir-Evrendilek, G. (eds.) (2014): Dairy Microbiology and Biochemistry: Recent Developments. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. ISBN 978-1-4822-3502-9.
- Šilhánková, J. (2008): Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Academia, Praha. ISBN 978-80-200-1703-1.
- Šustová, K., Sýkora, V. (2013): Mlékárenské technologie. Mendelova Univerzita v Brně, Brno. ISBN 978-80-7375-704-5.

# 7

## PRODUKCE JEDLÝCH HUB



„Houby pojídá žena vždy společně s mužem,  
protože nechce umřít sama.“

(Ramón Gómez de la Serna, 1951)



## 7 PRODUKCE JEDLÝCH HUB

### 7.1 Úvod

První záznamy o konzumaci hub pocházejí ze **starověkého Řecka a Říma**, kde byly považovány za pochoutku, přidávaly se k pečením a ochucovaly se jimi ryby. Oblibě se těšily lanýže, hřib smrkový nebo muchomůrka císařka. Z této doby se také dochovaly první popisy otrav houbami. Ve středověku zájem upadl, ale již ze 14. století pocházejí první zmínky o sběru hub na našem území. **Lidé střední a východní Evropy** jsou dodnes považováni za **zanícené sběrače hub**, na rozdíl od obyvatel západní Evropy. Houbaření je rozšířené i v některých oblastech Skandinávie, ale i Francie a Itálie. Mimo Evropu je pěstování hub rozšířeno v jihovýchodní Asii, ale sběr plodnic ve volné přírodě je vzácnější. Z jiných částí světa se dochovaly záznamy o využití některých druhů hub s halucinogenními účinky k náboženským obřadům.

V našich zemích je houbaření rozšířenější volnočasovou aktivitou než jakýkoli sport. Bohužel neexistuje jednoduchý způsob, jak rozlišit jedovaté houby od jedlých. Kvůli variabilitě vzhledu plodnic makromycetů jsou nenahraditelné praktické zkušenosti. Mnohdy houbaří celé rodiny, a tak se děti přirozeně učí sbírat pouze druhy, které bezpečně poznají. V případě nejasností se lidé mohou obrátit na mykologické poradny, které fungují v mnoha městech. Česká republika je také zajímavá tím, že u nás fungují jak Česká mykologická společnost (ČMS), tak Česká vědecká společnost pro mykologii (ČVSM).

Zástupci pouze 20–30 rodů jsou považováni za dobré jedlé houby. Na druhou stranu, z přibližně 10 000 druhů makromycetů na světě je pouze malé množství opravdu smrtelně jedovatých. Naneštěstí jsou některé z nich relativně běžné i v ČR a každoročně se případy otrav houbami vyskytují. Pro sběr hub ke konzumaci platí základní pravidlo: **konzumovat pouze dobře určené houby** skladované vhodným způsobem. Na druhou stranu, je třeba vyvrátit některé nepravdivé informace, které mezi lidmi kolují. **Není pravda**, že po plesnivých babkách se onemocní rakovinou, po konzumaci hub se nesmí pít alkohol (s výjimkou některých druhů hnojníků), okousaná houba je jedlá (některé toxiny působí rozdílně na člověka a další živočichy), jídla z hub nelze jíst druhý den (důležitý je způsob jejich skladování), delším vařením se všechny jedy v houbě zničí (toto platí jen u některých hub) nebo že konzumace hub je nebezpečná kvůli obsahu radioaktivních látek a těžkých kovů (opět platí pouze ve vybraných případech).

### 7.2 Seznam volně rostoucích a pěstovaných jedlých hub určených k přímému prodeji nebo k dalšímu průmyslovému zpracování pro potravinářské účely

Následující seznam je upraven podle přílohy 13 z novely č. 291/2010 k vyhlášce č. 157/2003 Sb. Běžní návštěvníci lesa a houbaři samozřejmě sbírají daleko širší okruh hub, ale následující druhy jsou v ČR povoleny i k přímému prodeji po sběru. Mnoho velmi chutných jedlých hub se do seznamu nedostalo, na druhou stranu jsou v seznamu uvedeny druhy, které mají jisté omezení v konzumaci (**Obrázek 7.1**).

HOUBY VOLNĚ ROSTOUCÍ		
1.	Destice chřapáčová	<i>Discina perlata</i>
2.	Smrž obecný	<i>Morchella esculenta</i>
3.	Smrž špičatý	<i>Morchella conica</i>
4.	Kotrč kadeřavý	<i>Sparassis crispa</i>
5.	Kuřátka žlutá – jen mladé plodnice	<i>Ramaria flava</i>
6.	Lišák zprohýbaný	<i>Hydnum repandum</i>
7.	Liška obecná	<i>Cantharellus cibarius</i>
8.	Liška bledá	<i>Cantharellus palleescens</i>

9.	Stroček trubkovitý	<i>Craterellus cornucopioides</i>
10.	Krásnoporka mlynářka – jen mladé plodnice, pouze pro průmyslové zpracování	<i>Albatrellus ovinus</i>
11.	Krásnoporka žemlička – jen mladé plodnice, pouze pro průmyslové zpracování	<i>Albatrellus confluens</i>
12.	Choroš šupinatý – jen mladé plodnice, pouze pro průmyslové zpracování	<i>Polyporus squamosus</i>
13.	Hřib dutonohý	<i>Boletus cavipes</i>
14.	Hřib hnědý	<i>Boletus badius</i>
15.	Hřib sametový	<i>Boletus fragilipes</i>
16.	Hřib koloděj	<i>Boletus luridus</i>
17.	Hřib kovář	<i>Boletus erythropus</i>
18.	Hřib smrkový	<i>Boletus edulis</i>
19.	Hřib dubový	<i>Boletus reticulatus</i>
20.	Hřib plstnatý	<i>Boletus subtomentosus</i>
21.	Hřib klouzek strakoš	<i>Suillus variegatus</i>
22.	Klouzek bílý – jen mladé plodnice	<i>Suillus placidus</i>
23.	Klouzek kravský – jen mladé plodnice	<i>Suillus bovinus</i>
24.	Klouzek obecný	<i>Suillus luteus</i>
25.	Klouzek sličný	<i>Suillus grevillei</i> , syn. <i>S. elegans</i>
26.	Klouzek zrnitý	<i>Suillus granulatus</i>
27.	Klouzek slizký	<i>Suillus viscidus</i> , syn. <i>S. aeruginascens</i>
28.	Kozák březový	<i>Leccinum scabrum</i> , syn. <i>Boletus scaber</i>
29.	Kozák habrový	<i>Leccinum pseudoscabrum</i> , syn. <i>L. carpini</i> , <i>Boletus carpini</i>
30.	Křemenáč březový	<i>Boletus (Leccinum) versipelle</i>
31.	Křemenáč osikový	<i>Boletus aurantiacus</i> , syn. <i>Leccinum aurantiacum</i>
32.	Bedla červenající	<i>Macrolepiota rachodes</i> , syn. <i>Chlorophyllum rachodes</i>
33.	Bedla vysoká – jen mladé plodnice	<i>Macrolepiota procera</i>
34.	Čirůvka dvojbarvá	<i>Lepista saeva</i>
35.	Čirůvka fialová	<i>Lepista nuda</i>
36.	Čirůvka havelka	<i>Tricholoma portentosum</i>
37.	Čirůvka májovka	<i>Calocybe gambosa</i>
38.	Hlíva ústříčná	<i>Pleurotus ostreatus</i>
39.	Hlíva plicní	<i>Pleurotus pulmonarius</i>
40.	Líha nahloučená	<i>Lyophyllum decastes</i>
41.	Líha klubčítá	<i>Lyophyllum fumosum</i>
42.	Ryzec pravý/borový	<i>Lactarius deliciosus</i> nebo <i>Lactarius pinicola</i>
43.	Ryzec smrkový	<i>Lactarius deterrimus</i>
44.	Slizák lepkavý	<i>Chroogomphus rutilus</i> , syn. <i>Gomphidius viscidus</i>
45.	Sluka svraskalá	<i>Cortinarius caperatus</i> , syn. <i>Rozites caperata</i>
46.	Špička obecná	<i>Marasmius oreades</i>
47.	Václavka obecná – pouze klobouky bez třeňů	<i>Armillaria mellea</i>
48.	Strmělka mlženka – jen mladé plodnice	<i>Clitocybe nebularis</i>

49.	Žampion zahradní = žampion dvouvýtrusý – pouze pro průmyslové zpracování	<i>Agaricus hortensis</i> = <i>A. bisporus</i>
50.	Žampion pochvatý – pouze pro průmyslové zpracování	<i>Agaricus bitorquis</i>
51.	Žampion polní – pouze pro průmyslové zpracování	<i>Agaricus campestris</i>
52.	Žampion lesní – pouze pro průmyslové zpracování	<i>Agaricus sylvaticus</i>
53.	Žampion hnědý – pouze pro průmyslové zpracování	<i>Agaricus brunescens</i> = <i>A. bisporus</i>
54.	Hřib borový – pouze z dovozu	<i>Boletus pinophilus</i> nebo <i>Boletus pinicola</i>

HOLUBINKY, které mohou být použity pouze k sušení pro další průmyslové zpracování k potravinářským účelům:

1.	Holubinka bukovka	<i>Russula heterophylla</i>
2.	Holubinka černající	<i>Russula nigricans</i>
3.	Holubinka kolčaví	<i>Russula mustelina</i>
4.	Holubinka mandlová	<i>Russula vesca</i>
5.	Holubinka namodralá	<i>Russula cyanoxantha</i>
6.	Holubinka nazelenalá	<i>Russula virescens</i>
7.	Holubinka olivová	<i>Russula olivacea</i>
8.	Holubinka osmahlá	<i>Russula adusta</i>
9.	Holubinka zlatá, syn. zlatožlutá	<i>Russula aurea</i> , syn. <i>R. aurata</i>

#### HOUBY PĚSTOVANÉ

1.	Žampion zahradní	<i>Agaricus hortensis</i> , nyní <i>A. bisporus</i>
2.	Žampion hnědý	<i>Agaricus brunescens</i> , nyní <i>A. bisporus</i>
3.	Hlíva ústříčná	<i>Pleurotus ostreatus</i>
4.	Hlíva miskovitá	<i>Pleurotus cornucopiae</i>
5.	Hlíva plicní	<i>Pleurotus pulmonarius</i>
6.	Hlíva máčková	<i>Pleurotus eryngii</i>
7.	Límcovka obrovská žlutá	<i>Stropharia rugosoannulata</i>
8.	Límcovka obrovská hnědá	<i>Stropharia rugosoannulata</i>
9.	Penízovka sametonohá	<i>Flammulina velutipes</i>
10.	Polnička topolová	<i>Agrocybe aegerita</i>
11.	Houževnatec jedlý	<i>Lentinula edodes</i>
12.	Opeňka měnlivá	<i>Kuehneromyces mutabilis</i>
13.	Kukmák sklepní	<i>Volvariella volvacea</i>
14.	Ucho Jidášovo = boltcovitka ucho Jidášovo	<i>Hirneola auricula judae</i> = <i>Auricularia auricula judae</i>
15.	Šupinovka nameko	<i>Pholiota nameko</i>
16.	Líhovec moučný	<i>Hypsizygus tessulatus</i>
17.	Žampion mandlový	<i>Agaricus brasiliensis</i> , nyní <i>A. subrufescens</i>
18.	Trsnatec lupenitý	<i>Grifola frondosa</i>
19.	Korálovec ježatý	<i>Hericium erinaceus</i>
20.	Žampion ovčí	<i>Agaricus arvensis</i>
21.	Hlíva citronová	<i>Pleurotus cornucopiae</i> var. <i>citrinopileatus</i>
22.	Hlíva růžová	<i>Pleurotus salmoneostramineus</i>



