

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |  |
|----------|---|-----------|--|
| Vorwort  | 8   |           |  |
| <b>1</b> | <b>Geschichtliches</b>  | <b>11</b> |  |
| <b>2</b> | <b>Die Hefe, der Gärungs-<br/>erreger</b>   | <b>17</b> |  |
| 2.1      | Herkunft der Hefen  | 17        |  |
| 2.1.1    | Vorkommen auf Traubenbeeren   | 17        |  |
| 2.1.2    | Hefeflora von Beeren und Mosten<br>und ihre Veränderung während der<br>Gärung                     | 18        |  |
| 2.2      | Systematik der Hefen  | 24        |  |
| 2.2.1    | Die Gattung <i>Saccharomyces</i> (Meyen)<br>Rees  | 25        |  |
| 2.2.2    | Die Art <i>Saccharomyces cerevisiae</i><br>Hansen   | 26        |  |
| 2.2.3    | Morphologie und Cytologie von<br><i>Saccharomyces cerevisiae</i>                                  | 28        |  |
| 2.3      | Entwicklungskreisläufe bei<br>Hefen   | 32        |  |
| 2.3.1    | Entwicklungskreisläufe von<br><i>Saccharomyces cerevisiae</i>                                     | 33        |  |
| 2.3.2    | Zum Erbverhalten von <i>Saccharomyces<br/>cerevisiae</i>  | 33        |  |
| <b>3</b> | <b>Die Gärung</b>   | <b>36</b> |  |
| 3.1      | Chemismus   | 38        |  |
| 3.1.1    | Vergärbare Kohlenhydrate  | 38        |  |
| 3.1.2    | $\beta$ -Glucosidspaltung und Anthocyan-<br>abbau   | 40        |  |
| 3.1.3    | Zuckeraufnahme in die Zelle   | 40        |  |
| 3.1.4    | Biochemie der alkoholischen<br>Gärung   | 42        |  |
| 3.2      | Endprodukte   | 48        |  |
| <b>4</b> | <b>Die Nebenprodukte der<br/>Gärung</b>   | <b>52</b> |  |
| 4.1      | Primäre Gärungsnebenprodukte  | 53        |  |
| 4.1.1    | Brenztraubensäure, Acetaldehyd und<br>2-Ketoglutarensäure als $\text{SO}_2$ -Bindungs-<br>partner | 53        |  |
| 4.1.2    | Glycerin  | 58        |  |
| 4.1.3    | Milchsäure  | 60        |  |
| 4.1.4    | Essigsäure  | 60        |  |
| 4.1.5    | Bernsteinsäure  | 62        |  |
| 4.1.6    | Citronensäure   | 63        |  |
| 4.2      | Sekundäre Gärungsnebenprodukte  | 64        |  |
| 4.2.1    | 2,3-Butandiol, Acetoin, Diacetyl  | 64        |  |
| 4.2.2    | Höhere Alkohole   | 65        |  |
| 4.2.3    | Ester   | 67        |  |
| 4.2.4    | Aldehyde  | 71        |  |
| 4.2.5    | Veränderungen von Aromastoffen  | 71        |  |
| 4.2.6    | Dimethylglycerinsäure, Methyl-<br>äpfelsäure, Hydroxyglutarensäure                                | 74        |  |
| 4.2.7    | Galacturonsäure; Pektinabbau durch<br>Hefen   | 75        |  |
| 4.3      | Wärme als Nebenprodukt  | 76        |  |
| 4.4      | Hefe, Hefepresswein   | 77        |  |
| <b>5</b> | <b>Die Gärungsbeeinflussung</b>   | <b>81</b> |  |
| 5.1      | Temperatur  | 83        |  |
| 5.1.1    | Einfluss höherer Temperaturen –<br>Versieden, Warmfüllung   | 84        |  |
| 5.1.2    | Einfluss niedriger Temperaturen –<br>Kühle Gärung   | 86        |  |
| 5.2      | Zuckerkonzentration   | 88        |  |
| 5.2.1    | Vergärung von Auslesemosten   | 92        |  |
| 5.2.2    | Osmotolerante Hefen   | 93        |  |
| 5.2.3    | Herstellung von Dessert-Weinen;<br>„Gestaffelte Zuckering“  | 93        |  |
| 5.3      | $\text{CO}_2$ – Kohlendioxyd/Kohlensäure  | 93        |  |
| 5.4      | Trubgehalt des Mostes   | 95        |  |
| 5.5      | Hefeverwertbarer Stickstoff (N)   | 99        |  |
| 5.6      | $\text{SO}_2$ (Schweflige Säure)  | 105       |  |
| 5.6.1    | Wirkung von $\text{SO}_2$ auf <i>Saccharomyces<br/>cerevisiae</i>                                 | 105       |  |

|          |   |            |          |  |            |
|----------|---|------------|----------|--|------------|
| 5.6.2    | Wirkung von SO <sub>2</sub> auf andere Mikroorganismen          | 108        | 7.6      | Einsatz von Reinzuchthefen bei Gärstörungen                    | 142        |
| 5.6.3    | Wirkung von Sulfat und von elementarem Schwefel                 | 109        | <b>8</b> | <b>Hygiene, Betriebskontrolle und Weinkonservierung</b>        | <b>146</b> |
| 5.7      | Alkohol (Ethanol)   | 109        | 8.1      | Rechtliche Grundlagen und deren Auswirkungen                   | 146        |
| 5.8      | Sauerstoff (O <sub>2</sub> )                                    | 111        | 8.2      | Infektionsquellen und Qualitätsminderung durch Mikroorganismen | 147        |
| 5.9      | Essigsäure (Flüchtige Säure)                                    | 113        | 8.3      | Überwachung der Weinproduktion                                 | 149        |
| 5.10     | Polyphenole und Gerbstoffe                                      | 114        | 8.3.1    | Einsetzbare Untersuchungsmethoden                              | 149        |
| 5.11     | Metalle, Pflanzenschutzmittel                                   | 114        | 8.3.2    | Überwachung von Traubenannahme und Mostherstellung             | 151        |
| 5.12     | Apiculatus-Hefen, Milchsäurebakterien                           | 116        | 8.3.3    | Überwachung der Mostgärung und des Biologischen Säureabbaus    | 152        |
| <b>6</b> | <b>Die Bildung schwefelhaltiger Stoffe durch die Hefe</b>       | <b>117</b> | 8.3.4    | Überwachung des Jungweines                                     | 154        |
| 6.1      | Bildung von SO <sub>2</sub> (Sulfit)                            | 118        | 8.3.5    | Tankweine und abgefüllte Weine                                 | 155        |
| 6.2      | Bildung von H <sub>2</sub> S (Schwefelwasserstoff)              | 118        | 8.3.6    | Überwachung der Flaschenfüllung                                | 156        |
| 6.3      | Bildung organischer schwefelhaltiger Stoffe                     | 120        | 8.3.7    | Allgemeine Betriebshygiene                                     | 157        |
| 6.4      | Verhütung und Beseitigung von Bocksern                          | 123        | 8.4      | Konservierungsstoffe für Wein                                  | 158        |
| <b>7</b> | <b>Spontangärung und Reinzuchthefegärung</b>                    | <b>125</b> | 8.4.1    | Allgemeine Bemerkungen   | 158        |
| 7.1      | Spontangärung: Normalität über Jahrtausende                     | 125        | 8.4.2    | Weininhaltsstoffe mit teilkonservierender Wirkung              | 159        |
| 7.2      | Weinberg flora und Betriebsflora bei Spontangärungen            | 126        | 8.4.3    | Schweflige Säure   | 160        |
| 7.3      | Reinzuchthefen  | 129        | 8.4.4    | Sorbinsäure  | 161        |
| 7.3.1    | Erwünschte Eigenschaften von Reinzuchthefen und deren Selektion | 129        | 8.4.5    | Dimethyldicarbonat   | 162        |
| 7.3.2    | Anwendung von Reinzuchthefen                                    | 131        | 8.4.6    | Lysozym  | 162        |
| 7.4      | Verbesserung der Leistungen von Reinzuchthefen                  | 136        | 8.4.7    | Weitere, aber für den Wein nicht erlaubte Konservierungsmittel | 163        |
| 7.4.1    | Anwendung klassischer Techniken                                 | 136        | <b>9</b> | <b>Sherry – Produkt des aeroben Hefestoffwechsels</b>          | <b>164</b> |
| 7.4.2    | Anwendung gentechnischer Methoden                               | 137        | 9.1      | Allgemeines  | 164        |
| 7.5      | Einsatzformen von Reinzuchthefen                                | 139        | 9.2      | Verschiedene Verfahren zur Sherryherstellung                   | 164        |
| 7.5.1    | Flüssighefen  | 139        | 9.2.1    | Herstellung des Grundweines                                    | 164        |
| 7.5.2    | Trockenhefen  | 141        | 9.2.2    | Das biologische Verfahren: Fino- oder Manzanilla-Sherry        | 165        |

- 9.2.3 Das biologisch und physikalisch-chemische Verfahren: Amontillado-Sherry 166
- 9.2.4 Das physikalisch-chemische Verfahren: Oloroso-Sherry 166
- 9.3 Bedeutung der Hefepopulation 166
- 9.3.1 „Sherry-Hefen“: Zusammensetzung und Dynamik der Hefepopulation 166
- 9.3.2 Genetik der Biofilmbildung und physiologische Prozesse 168
- 9.4 Stoffliche Veränderungen während der Sherrysierung 170
- 9.5 Mikrobiologische Gefährdungen 171

## **10 Die Apiculatus-Hefen 173**

- 10.1 Die Apiculatus-Hefen i. e. S. – Die Gattung *Hanseniaspora* 174
- 10.1.1 Morphologische Merkmale 174
- 10.1.2 Vorkommen und Bedeutung 174
- 10.1.3 Önologische Bedeutung 175
- 10.2 Die Gattungen *Dekkera*/ *Brettanomyces* 176
- 10.3 Die Art *Saccharomyces ludwigii* 178
- 10.4 Die Gattung *Schizosaccharomyces* 179

## **11 Die Kahl-Hefen 180**

- 11.1 Vorkommen und Bedeutung 180
- 11.2 Einige Kahlhefen und ähnliche Hefen 181
- 11.2.1 Die Gattung *Pichia* 181
- 11.2.2 Die Gattung *Candida* 182
- 11.2.3 Die Gattung *Debaryomyces* 183
- 11.2.4 Schleim bildende Hefen und die Gattung *Rhodotorula* 183

## **12 Der mikrobielle Säureabbau 185**

- 12.1 Allgemeines und Geschichtliches 185
- 12.1.1 Geschichtliches 185

- 12.2 Der Äpfelsäureabbau durch Hefen 186
- 12.2.1 Äpfelsäureabbau durch *Schizosaccharomyces* 186
- 12.2.2 Äpfelsäureabbau durch *Saccharomyces cerevisiae* 186
- 12.3 Der Äpfelsäureabbau durch Milchsäurebakterien 187
- 12.3.1 Allgemeines 187
- 12.3.2 Äpfelsäure abbauende Bakterien: Herkunft und Arten 191
- 12.3.3 Vermehrungsvoraussetzungen für die Äpfelsäure abbauenden Bakterien 192
- 12.3.4 Vermehrungshemmende Faktoren des Mostes und des Weines 196
- 12.3.5 Biochemie des bakteriellen Malat- abbaus 200
- 12.3.6 Mit dem Äpfelsäureabbau ablaufende stoffliche Veränderungen 202
- 12.3.7 Maßnahmen zur Förderung und zur Verhinderung des Malatabbaus 205

## **13 Mikrobielle Weinqualitätsminderungen 208**

- 13.1 Allgemeines 208
- 13.2 Milchsäurebakterien als Weinschädlinge 210
- 13.2.1 Milchsäureton, Milchsäurestich 210
- 13.2.2 Essigstich durch Milchsäurebakterien, Mannitstich 212
- 13.2.3 Säuerung durch Milchsäurebildung 216
- 13.2.4 Das Zähwerden 216
- 13.2.5 Der Weinsäureabbau 218
- 13.2.6 Glycerinabbau, Acroleinstich und Bitterwerden von Rotwein 218
- 13.2.7 Aminbildung 219
- 13.2.8 Farbstoffabbau 220
- 13.2.9 Mäuseln 220
- 13.3 Essigsäurebakterien als Weinschädlinge 220

- 13.3.1 Essigstich 220
- 13.3.2 Gattungsmerkmale, Vorkommen und weitere Stoffumsetzungen 224
- 13.4 Buttersäurebakterien als Weinschädlinge (Buttersäurestich) 226
- 13.5 Hefen als Weinschädlinge 226
- 13.5.1 Ethylacetatton oder Esterton 227
- 13.5.2 Mäuseln, *Brettanomyces*-Ton 227
- 13.6 Seltene und bedeutungslose Mikroorganismen 228
  
- 14 Für die Weinqualität wichtige Schimmelpilze 229**
  - 14.1 Phycomyceten oder Algenpilze 230
    - 14.1.1 *Plasmopara viticola* 230
    - 14.1.2 *Mucoraceae* 230
  - 14.2 Ascomyceten – Schlauchpilze – Schimmelpilze 230
    - 14.2.1 Korkton 231
    - 14.2.2 *Botrytis cinerea* – Grauschimmel 232
    - 14.2.3 Die Gattung *Aspergillus* – Gießkannenschimmel 249
    - 14.2.4 Die Gattung *Penicillium* – Pinselschimmel 249
    - 14.2.5 *Trichothecium roseum* 250
    - 14.2.6 *Trichoderma viride* 251
    - 14.2.7 *Glomerella cingulata*, *Alternaria alternata* 251
    - 14.2.8 *Uncinula necator* – *Oidium*, Echter Mehltau 251
    - 14.2.9 *Aureobasidium pullulans* – Rußtaupilz 251
    - 14.2.10 *Cladosporium cellare* – Weinkellerschimmel 252
    - 14.2.11 Der Kellerrotz 253
  - 14.3 Basidiomyceten – Ständerpilze 253
  
- Serviceteil 254**
  - Literatur 254
  - Register 280
  - Impressum 287