

Vorlesung im Rahmen der
Lehrveranstaltung „Grundlagen der
Biotechnologie“

Biotechnologie in der Lebensmittelproduktion

Dr. Christian Schöpfer

Tel: 0551 - 39 9745

mailto: cschoep@gwdg.de

Landbedarf

Jäger und Sammler

✓ Landbedarf pro Person betrug ~ 10.000 ha um 600.000 v. Chr.

Ackerbauer und Viehzüchter

✓ Landbedarf pro Person betrug ~ 4 ha um 5.000 v. Chr.

Dorfbewohner

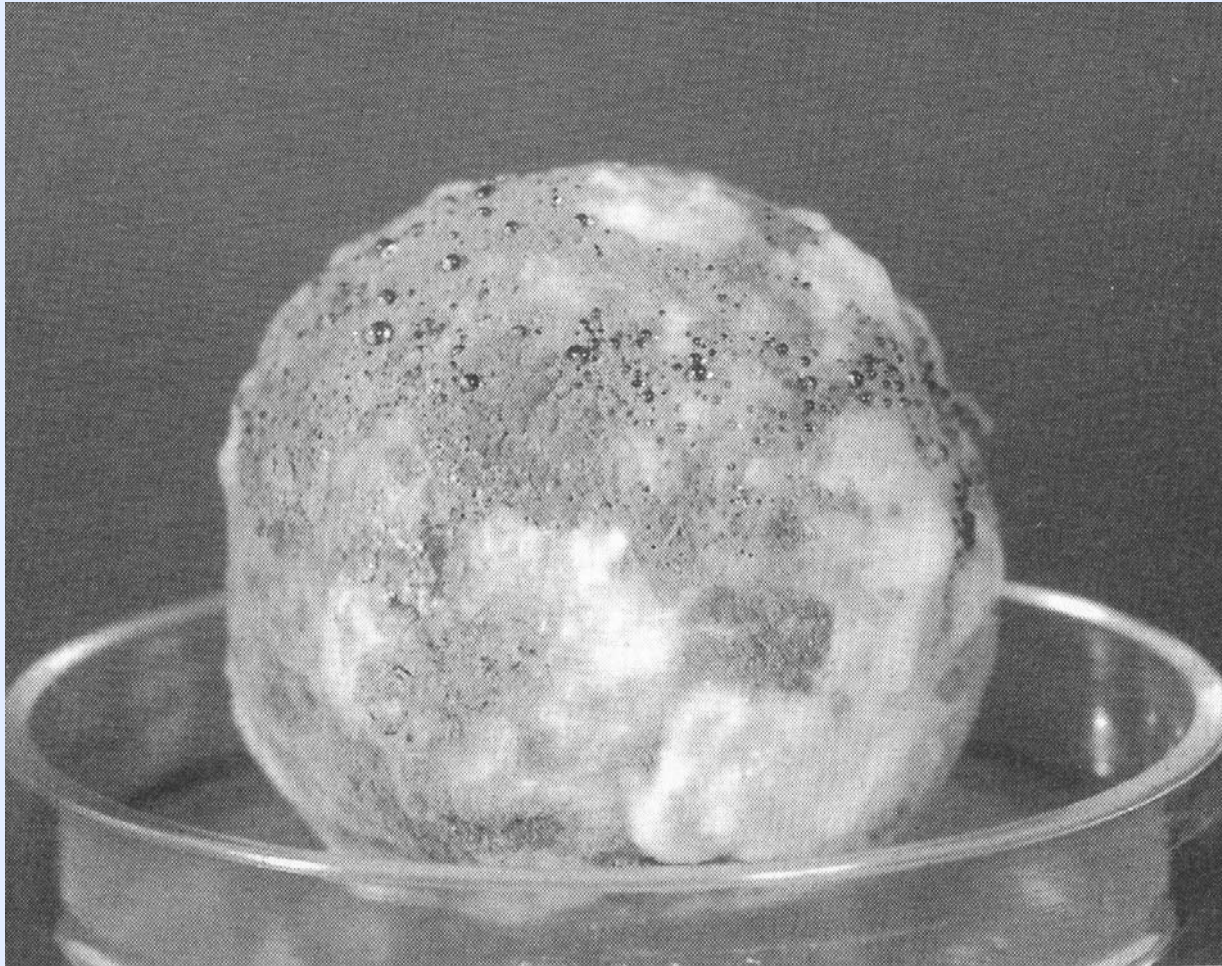
✓ Landbedarf pro Person betrug ~ 1,5 ha um 1.500 v. Chr.

✓ 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts betrug der Landbedarf 1 ha pro Person

Konservierung – erste Anfänge

- ✓ **Zerkleinern von Nahrung mit Steinwerkzeugen (ca. 600.000 v. Chr.)**
- ✓ **Feuernutzung (Braten, Grillen) ca. 500.000 v. Chr.**
- ✓ **Nutzung von Backöfen ca. 2.000 v. Chr.**
- ✓ **Nutzung der alkoholischen Gärung zur Herstellung von Wein (ca. 500 v. Chr.) und Bier (200 v. Chr.)**

Von Schimmel befallene Apfelsine



Konservierung

Trocknung

Lufttrocknung ca. 10.000 v. Chr.

Trockenlagerung von Getreide 1.700 v. Chr.

Hitze

Abkochen von Milch ca. 3.000 v. Chr.

Konservendose ca. 1840 n. Chr.

Sterilisation ca. 1884 n. Chr.

Kühlen

Eisschrank (Natureis) im Mittelalter

Kühlhaus: 1880 n. Chr., Kühlschranks: 1930, Kühltruhe: 1960

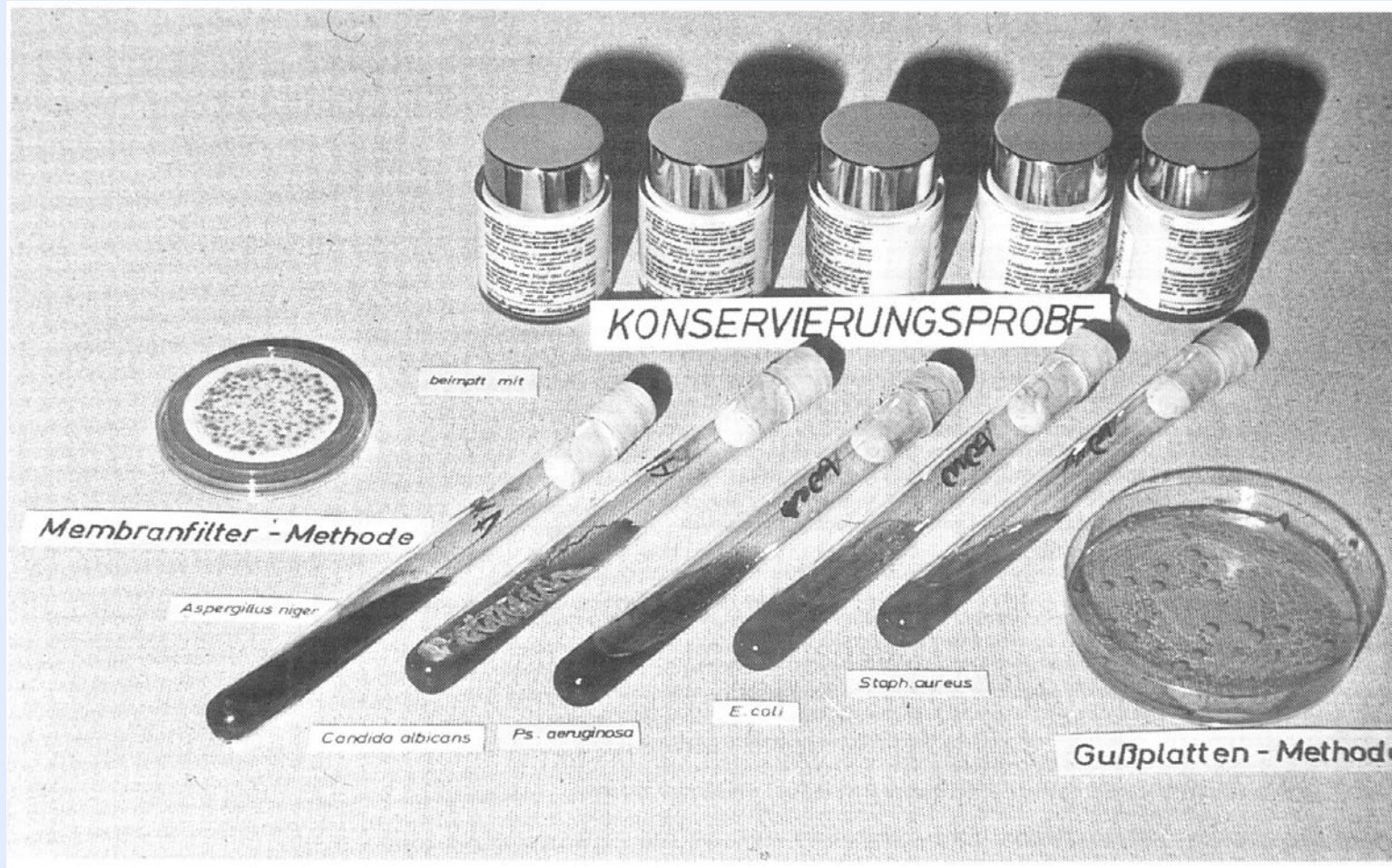
Räuchern von Fisch und Fleisch ca. 10.000 v. Chr.

Salzen (Fisch, Fleisch, Gemüse ca. 1.500 v. Chr., Sauerkraut im Mittelalter), **Einzuckern** (Kandierte Früchte im Mittelalter, Marmelade 19. Jahrhundert), **Einsäuern** (Mittelalter)

Konservierungsstoffe

- ✓ **Schwefelung** zur Zeit der Römer
- ✓ **Benzoessäure** um 1908
- ✓ **Salicylsäure** Ende des 19. Jahrhunderts (Giftig)
- ✓ **Propionsäure**
- ✓ **Ameisensäure**
- ✓ **Sorbinsäure**
- ✓ **para-Hydroxybenzoessäure-Ester (PHB)**

Konservierungstest



Aufbewahrung

- ✓ Lagerdauer hängt vom Lebensmittel und den Aufbewahrungsbedingungen ab
- ✓ Bevorzugt dunkle (trockene) Plätze – Feuchtigkeit fördert das Wachstum von Keimen
- ✓ Insektenfreie Orte
- ✓ Regelmäßige gründliche Säuberungen reduzieren die Kontaminationsgefahr (Wisch- und Spüllappen!)

Produktion moderner Lebensmittel mit Hilfe von Mikroorganismen

- ✓ Sauer Milch, Buttermilch, Joghurt, Quark, Kefir, Kumys, Käse
- ✓ Dauerwurst, Pökelschinken, Pökelschinken
- ✓ Sauerkraut, Pickles
- ✓ Sauerteig, Hefeteig
- ✓ Sojasauce, Tempe (Soja-Fermentationsprodukt mit *Rhizopus oligosporus*)
- ✓ Kaffeekirschen, Kakaobohnen
- ✓ Wein, Bier, Sake, Kwass, Pombe, Ginger-Beer, Alkohol aus Topinambur (*Saccharomyces cerevisiae* / *Schizosaccharomyces pombe*, *Zymomonas mobilis*)
- ✓ Produktion von Essigsäure, Zitronensäure und Vitaminen

Mikroorganismen

- ✓ **Bakterien** bei Sauerkraut, Milchprodukten, Sauerteig, Pökelwurst, etc.
- ✓ **Hefen** bei Brot, Alkohol, Geschmacksstoffe (Glutamat)
- ✓ **Hyphenpilze** bei Schimmelkäse, Quorn, Sojasauce, Geschmacksstoffe
- ✓ **Essbare Pilze** zur Produktion von Fruchtkörpern

Pilze

- ✓ **Gehören zu den „Nichtholzprodukten“ eines Waldes**
- ✓ **Bieten extra Verdienstmöglichkeiten**
- ✓ **Bieten Möglichkeit zur ökonomischen und ökologischen Beseitigung von Holz- und Pflanzenabfällen**

Auricularia auricula



**Das sog. Judasohr
(eng. „jelly ear“); der
erste vom Menschen
kultivierte Pilz in
China (ca. 800 n. Chr.)**

Bildquelle:

<http://www.mushroomexpert.com/>

Termitomyces



Ein in Afrika und Thailand konsumierter Speisepilz.

„Kultivierung“ erfolgt durch Termiten zur Ernährung der Larven und der Arbeiter.

Bildquelle:

http://morelmushroomhunting.com/archives/october_31st_2005_until.htm

„*Tuber magnatum*“

**Trüffelpreise (Mitteldeutsche Zeitung 8.11.2004)
Weißer Trüffel ist eine kostspielige Delikatesse.**

**Riesentrüffel wurde für 41 000 Dollar versteigert
Äußerst seltenes Exemplar wog über 1 Kilogramm**



Alba/dpa. Italien im Trüffelfieber: Für einen Spitzenpreis von 41 000 Dollar ist jetzt in Alba im Piemont ein weißer Riesentrüffel unter den Hammer gekommen. Es handele sich um den höchsten jemals für einen «tartufo bianco» aus Alba erzielten Preis, berichtete die italienische Zeitung «La Repubblica» am Montag. Anfangsgebot für das äußerst seltene Exemplar von über einem Kilogramm Gewicht seien 19000 Dollar gewesen.

Bei der alljährlichen internationalen Versteigerung der wertvollen Köstlichkeit im Schloss Grinzane Cavour hätten unter anderem das New Yorker Restaurant «Four Seasons» und das Kaufhaus Gum in Moskau via Satellit mitgeboten. Den Zuschlag hätte letztlich ein 89-jähriger italo-amerikanischer Restaurantbesitzer aus der Lombardei bekommen. Der Erlös der Versteigerung soll wohltätigen Zwecken zugute kommen, hieß es weiter. Die Auktion war End- und Höhepunkt der 74. Trüffelmesse in Alba.

Insgesamt sei 2004 - sowohl was die Qualität als auch was die Quantität betrifft - ein gutes Jahr für die Italiener. Der Preis pro Kilogramm liege wegen der guten Ernte der Trüffelsucher bei 3100 Euro pro Kilogramm, deutlich niedriger als im schlechten Produktionsjahr 2003, wo der «Tuber magnatum» 4000 Euro im Kilo kostete. Am 13. November soll das erste italienische Trüffel-Museum in der Toskana eröffnet werden. Im Örtchen San Giovanni d'Asso in der Nähe von Siena werden dann auf 250 Quadratmetern Fläche alle Geheimnisse rund um die teure Knolle enthüllt. Die Toskana ist neben Piemont und Umbrien eines der wichtigsten Zentren für qualitativ hochwertige Trüffel-Funde. Der größte jemals entdeckte weiße Trüffel wurde 1954 in dem toskanischen Örtchen San Miniato aufgespürt - und dem damaligen US Präsidenten Dwight D. Eisenhower geschenkt.

Boletus edulis



Bildquelle: <http://www.awl.ch/pilze/index.htm>

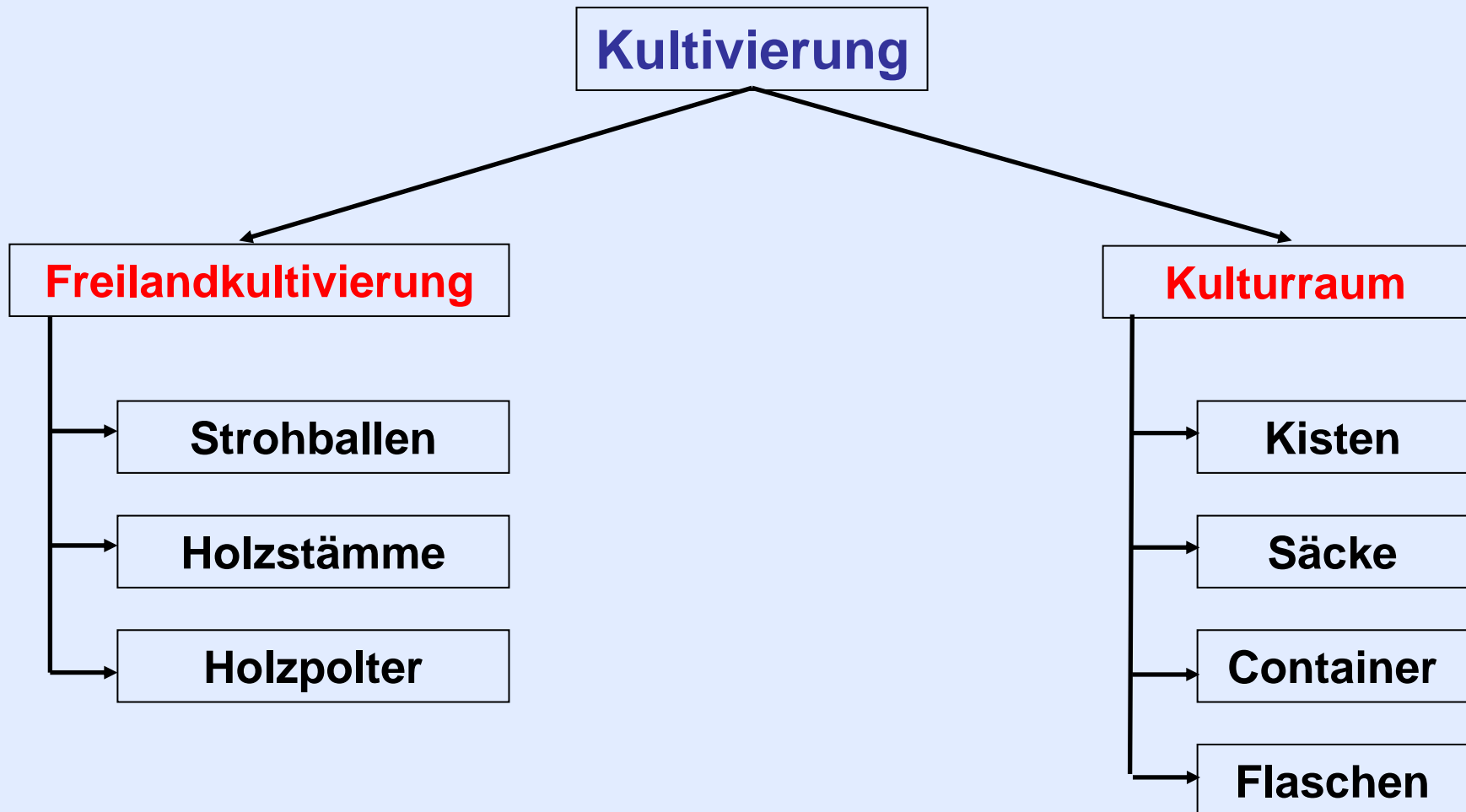
- Zählt zu den Mykorrhizapilzen und kommt hauptsächlich mit Fichten vergesellschaftet vor
- Ist ein sehr beliebter Speisepilz
- Steht in Deutschland unter Naturschutz
- Darf nur für eigenen Bedarf (1kg/Person/Tag) gesammelt werden

Waldpilze – Preise

Matsutake (<i>Tricholoma</i>)	45 US \$
Morcheln (<i>Morchella</i>)	21 US \$
Pfifferling (<i>Cantharellus</i>)	14 US \$
Steinpilz (<i>Boletus</i>)	24 US \$
Weißer Trüffel (<i>Tuber</i>)	75 US \$
Schwarzer Trüffel (<i>Leucangium</i>)	117 US \$

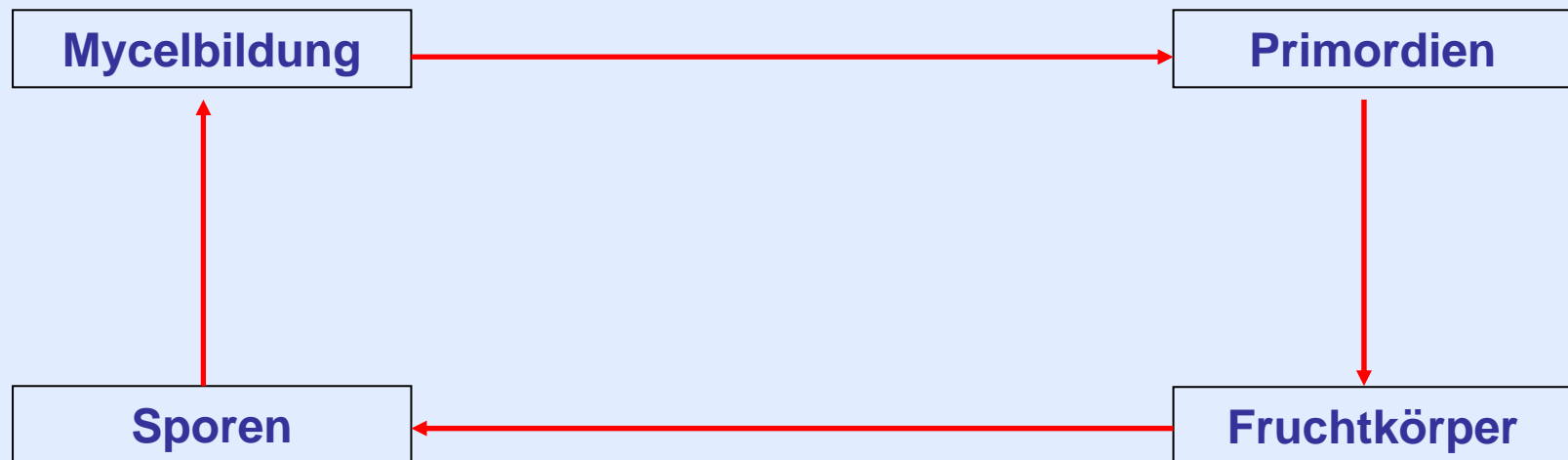
Alle Preisangaben aus 2007. Alle Preise sind bezogen auf kg Frischgewicht.

Kultivierungsmöglichkeiten



Wuchszyklus von Pilzen - Allgemeines

Die Entwicklung von Speisepilzen ist abhängig von diversen **abiotischen** und **biotischen** Faktoren.



Wuchszyklus von Pilzen – abiotische Faktoren

Abiotische Faktoren

- Temperatur (Myzelwachstum / Fruchtkörperbildung)
- pH-Wert (Myzelwachstum)
- Wassergehalt (Myzelwachstum / Fruchtkörperbildung)
- Lichtdauer und –intensität (Fruchtkörperbildung)

Wuchszyklus von Pilzen – biotische Faktoren

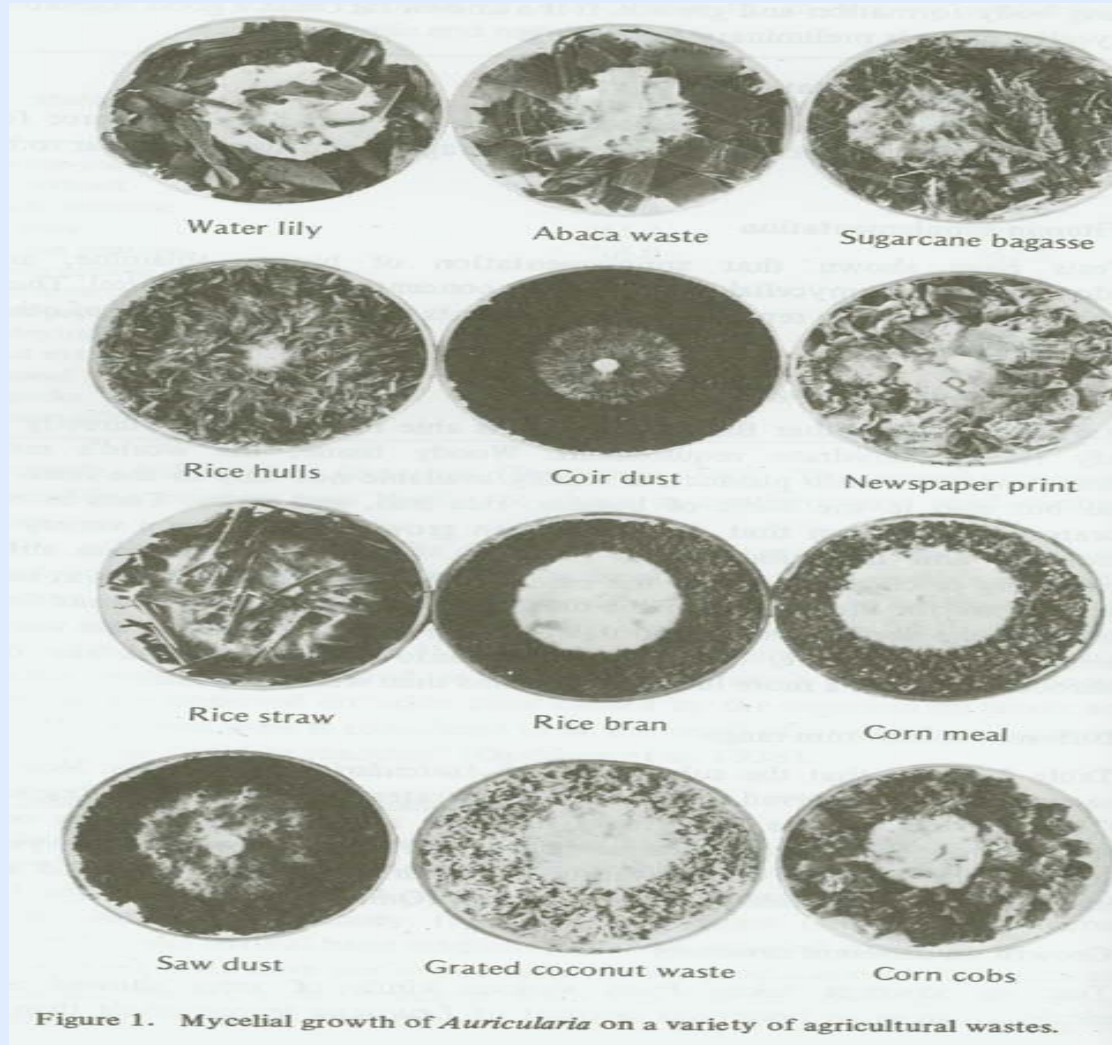
Biotische Faktoren

- Wachstumsregulatoren auf Indolbasis (Myzelwachstum / Fruchtkörperbildung)
- Cytokinine (Myzelwachstum)
- Gibberellinsäure (Myzelwachstum)

Kommerzielle Speisepilzproduktion

- ✓ **Besser kontrollierbar, verlässlicher**
- ✓ **Einfache Substrate, oft Abfallprodukte der Land- bzw. Forstwirtschaft, können zur Anzucht verwendet werden (Holzblöcke, Sägemehl, Getreidestroh, Pferdemist, Hühnermist, Abfälle bei der Kaffeeproduktion, etc.)**
- ✓ **Verbraucherorientierte Produktion**

Wuchstest



Wuchsteste auf unterschiedlichen „Abfällen“ aus der Land- und Forstwirtschaft

Volvariella - „Paddy Straw“ Fungus



- Nur *Volvariella gloiocephala* (Großer Scheidling) und *Volvariella volvacea* (Dunkelstreifiger Scheidling) der wild wachsenden Arten sind Speisepilze
- Andere Arten sind zu selten, um in der Küche von Belang zu sein

Bildquelle: http://www.mushroomexpert.com/volvariella_sp_01.html

Kultivierung von *Volvariella*



Plate 14. Quart bottle after breaking, showing cultured spawn ready for spawning.



Plate 15. Spawn inserted into straw. Enamel tray at lower right contains cultured spawn.

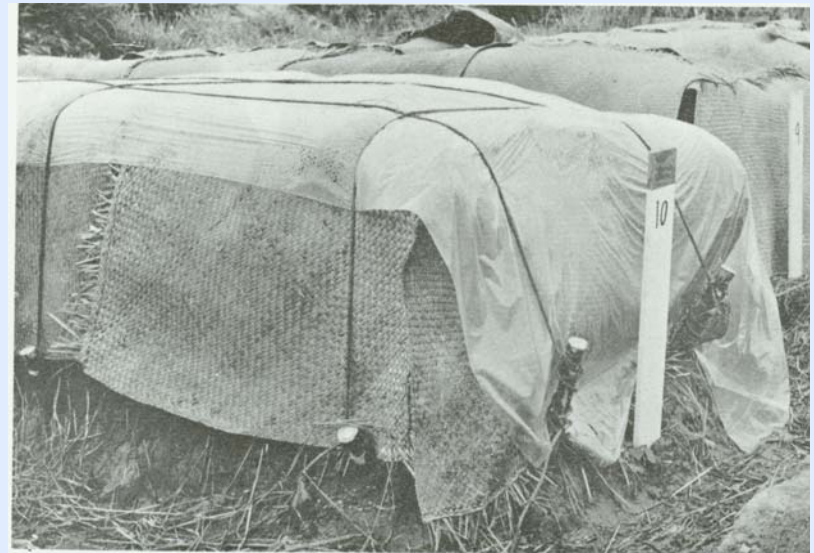


Plate 9. Completed straw bed, covered with straw mats to protect them from exposure to direct sunlight and a plastic sheet to prevent damage by rain.

Pleurotus ostreatus (Austernseitling)

- Getreidestroh (Europa);
Reisstroh (Südostasien);
Kaffeepulpe (Mexiko);
Kakaoschalen (Ghana);
Baumwollabfälle, Weizen-
und Reisstroh sowie
Kokosnussschalen (Indien)
- Luzerne- und Sojamehl als
Zuschlagsstoffe



Lentinus edodes (Shii-Take)

- Sägemehl und Hackschnitzel (Buche und Eiche), seltener andere Holzarten
- Weizenkleie, Reiskleie, Maiskolben, Maisschrot, Sojamehl, Zuckerrübenmelasse, Milchpulver
- Gips oder Kalk zur pH-Stabilisierung



Agrocybe aegerita (Samthaube)

- Sägemehl und Stroh
- Verschiedene C- und N-
Quellen als
Aufwertungsmittel
- Anbau in Europa erst seit
kurzer Zeit



Kuehneromyces mutabilis (Stockschwämmchen)

- Rotbuche, Hainbuche,
Erle, Birke, Pappel und
Weide



Agaricus - Champignonzucht

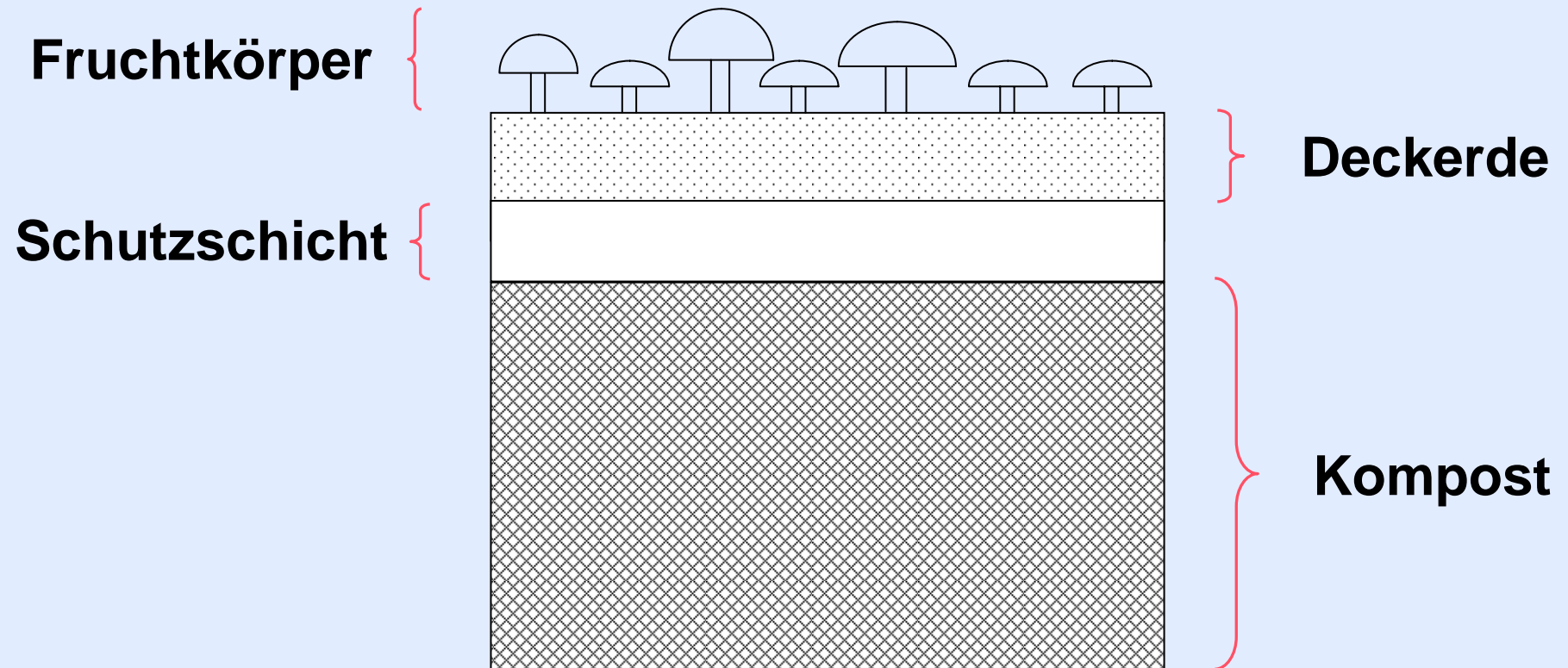


Agaricus bisporus (Zweisporiger Egerling)

- Pferdedung auch Weizen- und Rogenstroh (Europa); Reisstroh (Südostasien)
- Hühnerdung und Harnstoff als Zuschlagsstoff
- Gips oder Kalk als Ergänzungsstoff zur pH-Stabilisierung



Champignonzucht auf Kompostsubstrat



Medizinische Pilze I

Nutraceuticals

Natural foods which are of value for maintaining good health

Nutriceuticals

Extracts from either mushrooms or vegetative mycelium that possesses medicinal as well as nutritional attributes, and being incorporated into a capsule or tablet are consumed as dietary supplement for therapeutic purposes



Nutriceuticals



**Stimulation der
Insulin-
production,
gegen Krebs**

**Gegen
Stress**

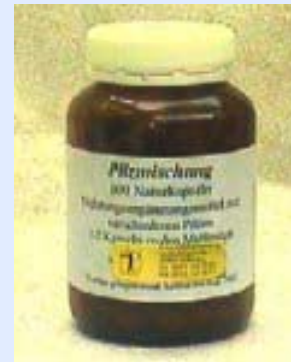


**Zum
Abnehmen**

Abführmittel



**Ent-
schlackung**



**Vorbeugung gegen
Rachitis zur Stärkung
der Knochen**



Vitaminzufuhr



Medizinische Pilze II

Enthalten verschiedenste bioaktive Substanzen mit pharmazeutischem Potential

Stimulieren die Synthese der Nervenwuchsfaktoren, modulieren das Immunsystem, Senken Blutdruck-, Fett- und Zuckerlevel, Unterdrücken Entzündungen, Krebs, wirken gegen Mikroben und Viren, ...

β -D-Glucane und Proteoglucane werden in Kanada, den USA und in Asien zur Krebsbehandlung eingesetzt

Lentinan von *Lentinus edodes*

Schizophyllan von *Schizophyllum commune*

Polysaccharid-K und Polysaccharid-Peptide von *Coriolus versicolor*

Weitere Pilzprodukte

Geschmacks- und Aromastoffe

Single-Cell-Protein (SCP)

Pilze stellen aufgrund ihres schnellen Wachstums auf billigen Substraten und hohem Proteingehalt eine gute Proteinquelle dar.

Im letzten Jahrhundert vor der Ölkrise wurden viele Versuche unternommen, pilzliche und bakterielle Biomasse auf Erdöl und Erdölprodukten anzuziehen.

Quorn – ein relativ neues Produkt aus England

Ein spezieller Fusarium-Stamm wird im Fermenter angezogen und das so gewonnene Mycel später zu fleischähnlichen Blöcken verpresst – Konkurrenz zu Sojaprodukten!

Lebensmittelproduktion

- ✓ **Mikroorganismen dürfen keine Toxine produzieren**

- ✓ **Strenge Zulassungsvorschriften**
 - **Neue Organismen unterliegen strengen Testkriterien**
 - **Über Jahrzehnte/Jahrhunderte bewährte Organismen dürfen weiter verwendet werden, auch wenn nahe verwandte Arten Giftstoffe produzieren (*Aspergillus niger* produziert Zitronensäure, *Aspergillus flavus* das krebserregende Aflatoxin)**

Vorsichtsmaßnahmen

✓ **Unbedingte Hygiene**

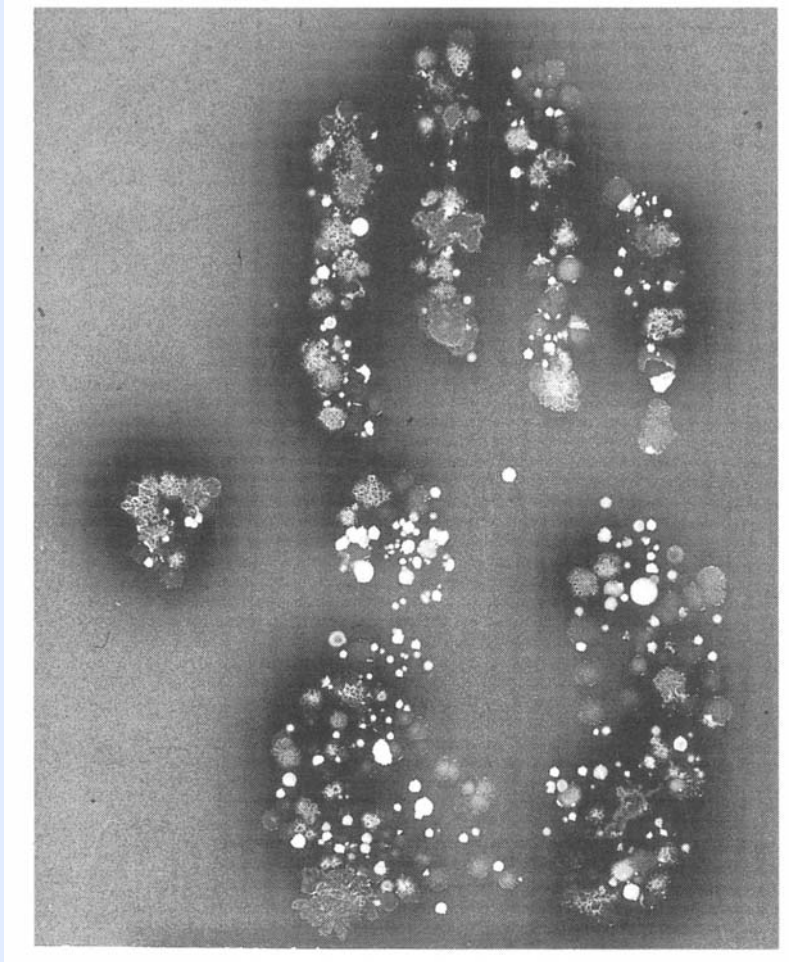
- **Steriles Gerät**
- **Gesunde Mitarbeiter (Bsp. Salmonellen)**

✓ **Pasteurisieren** der Milch in der Milchindustrie

✓ **Salzen** in der Fleischindustrie

✓ **Ansäuern** beim Brotbacken, Fermentieren bei hohen Temperaturen, Backen und dadurch Abtöten mit noch höheren Temperaturen

Keime an Händen



- ✓ $10^3 - 6 \times 10^3$ Keime pro cm^2 Hautfläche
- ✓ Normale Seife entfernt 60-80 % der Keime. Wachstum der verbleibenden Keime wird durch das Abwaschen von Nährstoffen verzögert
- ✓ Antimikrobielle Seife 80-90 %
- ✓ Handdesinfektion

Arbeiten an der Sterilbank



Starterkulturen

- ✓ **Starterkulturen sind Rein- oder Mischkulturen definierter Mikroorganismen, die zugesetzt werden**

- ✓ **In anderen Fällen (Bsp. Wein- und Bierherstellung) werden natürlich vorhandene Mikroorganismen genutzt**
 - **Es werden aber auch gezielt bestimmte Hefestämme eingesetzt, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten**

 - **Bei der Weinherstellung werden bestimmte Bakterienkulturen verwendet, um den Säuregehalt zu reduzieren**

Brotbacken

- ✓ ***S. cerevisiae* ist eines der ältesten und wichtigsten Produkte in der Biotechnologie**
 - 2 Mio. Tonnen pro Jahr und 4 % Steigerung
 - Wird mit Hilfe von Melassen hergestellt
- ✓ **Kann keine Stärke verwerten, sondern**
 - Stärke wird durch im Mehl vorhandene Amylasen in fermentierbare Glucose, Maltose und Maltodextrose gespalten; nicht fermentierbar sind Dextrine**
 - Beim Abbau wird CO₂ produziert – Lockerung des Teiges**
 - Weizenprotein Gluten wird modifiziert – Verklebung des Brotes**
 - Geschmacksstoffe werden von der Hefe abgegeben – organische Säuren, Aldehyde, Ketone, Alkohole, Ester**

Starterkulturen bei der Käseproduktion

Hefen wie *Debaryomyces hansenii*, *Yarrowia lipolytica* und *Galactomyces geothricum* spielen eine Rolle bei der Fermentation und Reifung verschiedenster Käsesorten (Geschmacksstoffe!)

Weißer und blauer **Schimmel** bei der Milchfermentation

- Gorgonzola 879 n. Chr.
- Roquefort 1070
- Stilton 1785
- Camembert 1791

Enzyme: Labferment, Lipasen von *Rhizopus* Pilzarten, Rennet (Milch-Koagulierendes Enzym), Peptidasen

Abgabe von **Geschmacksstoffen!**

Fleischfermentation

Beispielsweise in der **Wurstproduktion**

Mikroorganismen mit lipolytischen und proteolytischen Eigenschaften

- Starterkulturen
- Penicillium-Arten (*Penicillium camembertii*, *Penicillium chrysogenum*)

Geschmacksstoffe

Vermeidung von **Kontaminationen**

- Bildung von Toxinen
- Verderben des Geschmacks

Alkoholproduktion

Gewöhnlich werden stark Zuckerhaltige Substrate eingesetzt:

- Most, Malz, hydrolysierte Stärke

Sowohl wild vorkommende Hefen als auch speziell definierte Starterkulturen werden verwendet

Abtrennen der Organismen

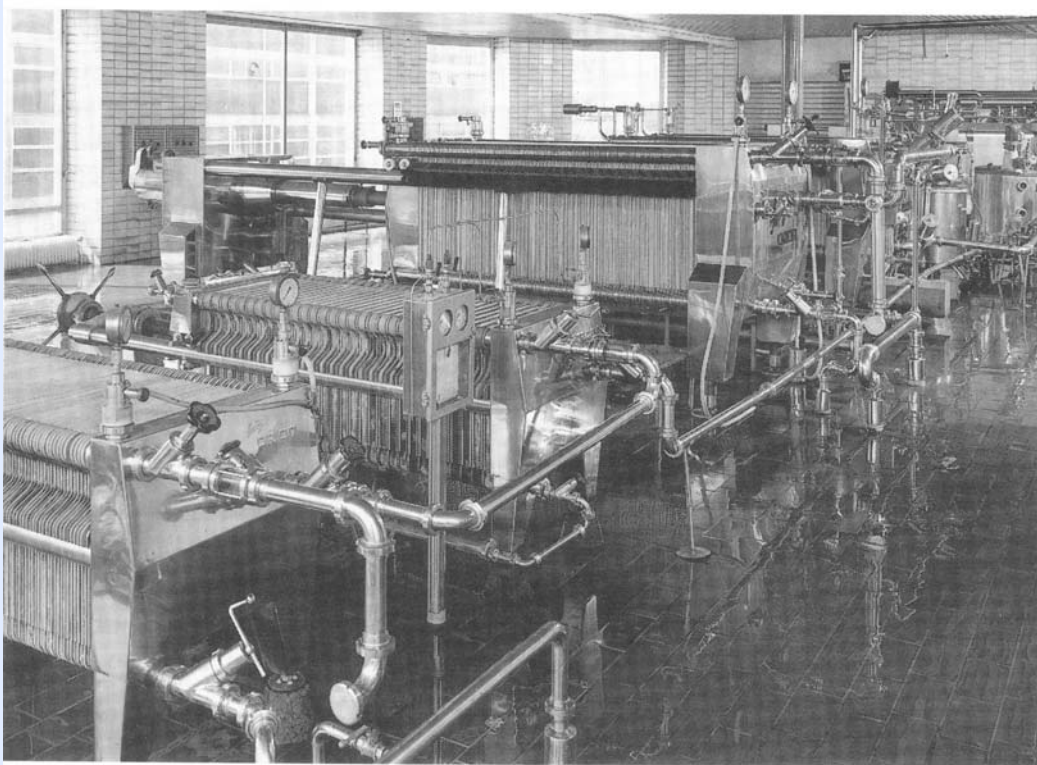


Abb. 12. Filteranlage einer Brauerei: Kieselgurfiltrationsanlage zur Klärung und Schichtenfilter zur Entkeimung (137a).

**Bei der Bier- und
Weinherstellung geschieht
dies traditionell durch
Absetzen der Organismen.**

**Bei der Massenproduktion
werden dafür moderne
Filtertechniken eingesetzt.**

Milchsäurebakterien

Sauermilchprodukte = natürliche Konservierungsmethode

Milchsäuregärung früher spontan, heute gezielt durch den Einsatz von *Streptococcus lactis* (Säurewecker) und *Leuconostoc* (Aromabildung)

Joghurt – definierte Mischkulturen aus stäbchenförmigen Lactobacillen und Streptococcen

Übersäuerung durch zu hohen Anteil an Lactobacillen (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*)

Sauerkraut

Anaerob, 1-3 % Kochsalz

- **Salz ist für die Gärung nicht notwendig, unterdrückt aber unerwünschte Keime**

Gärung durch Milchsäurebakterien, wobei der Zuckeranteil (2,5 – 6,5 % des Kohls) zu Milchsäure umgesetzt wird

Kaffee- und Teefermentation

Äußeres Fruchtfleisch der **Kaffeekirsche** wird durch **pektinolytische Enzyme** von Bakterien und verschiedenen Pilzen entfernt. Dann folgt **Milchsäuregärung** mit *Leuconostoc*-Arten und/oder *Streptococcus faecalis*, anschließend **Trocknung**.

Grüntee ist nicht fermentiert, **Schwarztee** wird hauptsächlich aufgrund Teeeigener Enzyme fermentiert. Ein Pilzbefall des Tees kann sowohl positiv als auch negativ angesehen werden!
(Teepilzmischung = spezifische Aromen)

Produktion von Zusatzstoffen mit Mikroorganismen

Vitamine

Riboflavinproduktion mit *Ashbya* (Pilz)

Aminosäuren

Geschmacksstoffe

Terpene als Geruchs- und Geschmacksstoffe von Ölen durch verschiedenste Pilze

Produktion von Menthol durch unterschiedliche Pilzarten

Entfernen unerwünschter Geschmacks- und Geruchsstoffe mit Mikroorganismen

Proteolytische Enzyme von *Aspergillus* verleihen Sojabohnenprotein einen angenehmen Geruch, erzeugen aber auch einen bitteren Geschmack

Bitterer Geschmack wird dann in einer zweiten Stufe durch eine **Carboxy-Peptidase** des gleichen Pilzes entfernt

Diese Carboxy-Peptidase wird ebenfalls zum Entbittern von Grapefruitsäften verwendet

Geschmacksverstärker

Glutamat wird häufig in der asiatischen Küche verwendet, aber auch in Tütensuppen, etc.

Der Geschmack wird intensiviert, so dass ein Huhn ausreichend ist für die Herstellung von 1000 Litern Tütensuppe

Glutamat wird mit Hilfe von Hefen produziert, deren Metabolismus soweit optimiert ist, dass höchste Mengen an Glutamat ausgeschieden werden

Lebensmittelfarben

Die rote Hefe *Pfaffia* produziert den Farbstoff **Astaxanthin**
(Karotinoid-Typ)

Diese Hefe wird beispielsweise an Forellen verfüttert, damit
das Fleisch appetitlicher aussieht

Im Orient wird ein roter Reiswein mit Hilfe des Pilzes
Monascus und seinen Pigmenten produziert

Campari?

Der rote Farbstoff kommt immer noch aus Blattläusen!

Qualitätskontrolle I

Nach der Herstellung werden Produkte auf **Kontaminationen** überprüft

Beispielsweise durch Ausplattieren auf geeigneten Nährmedien

Es gibt Richtlinien, welche die Anzahl der **zulässigen Keime** auf einem Nährmedium steuern

Weiterhin muss geprüft werden, ob durch die verwendeten Mikroorganismen **Schadstoffe** wie Toxine oder Pestizide entstanden sind

Qualitätskontrolle II

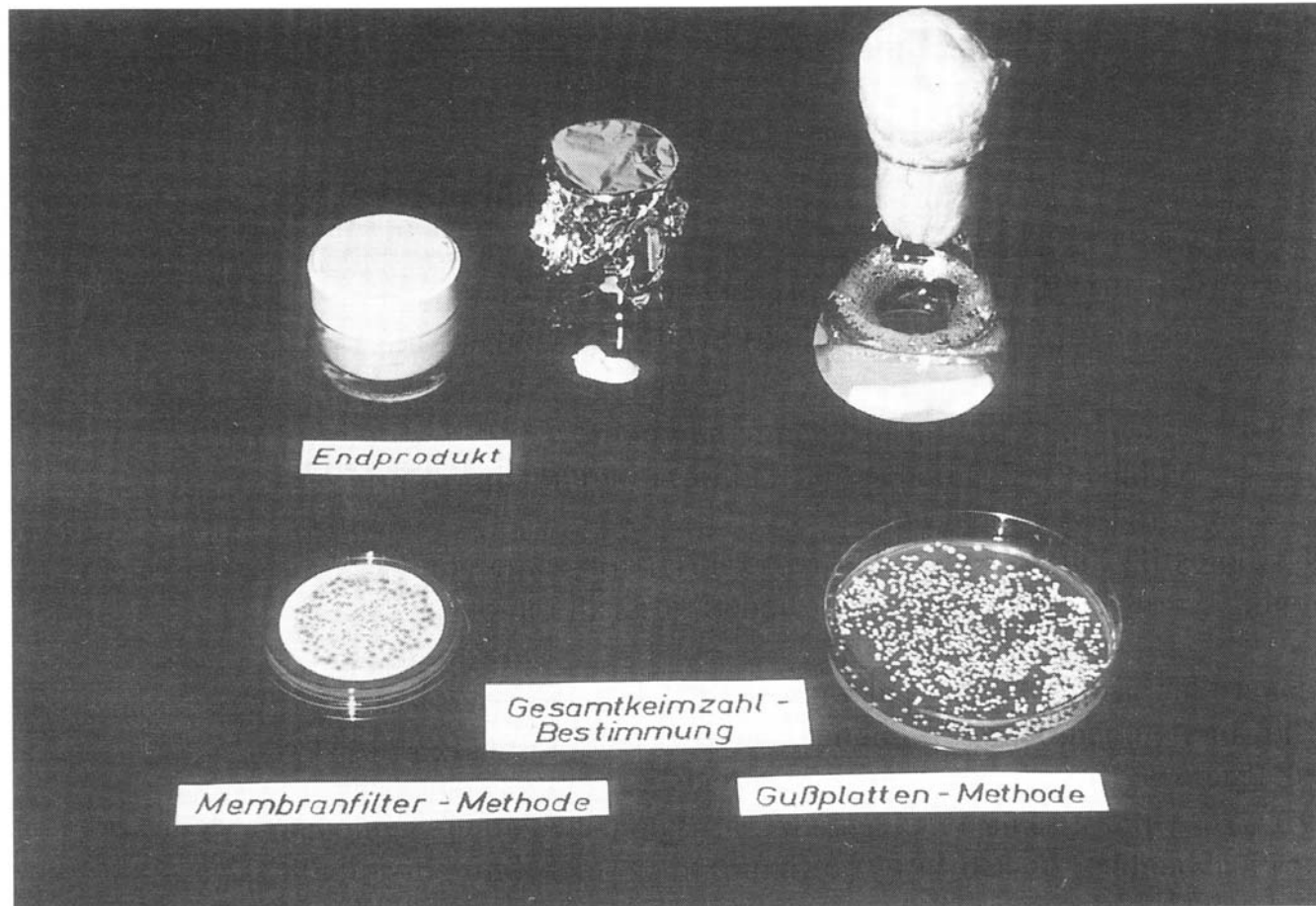


Abb. 4. Keimzahlbestimmung mit der Membranfilter- oder der Gußplattenmethode.