

Droge Alkohol: Herstellung über biologische Wege

Bei der Herstellung von alkoholischen Getränken unterscheidet man zwischen zwei Verfahren: **Fermentation** = Gärung (Ferment = Enzym = Biokatalysator) und **Destillation**.

Fermentierte oder vergorene alkoholische Getränke entstehen durch **Vergärung** von Frucht- oder Malzzucker. Mit Hilfe von Hefe wird der Zucker in Ethanol umgewandelt. Beispiele dafür sind Wein, Bier oder Obstwein. Klassischerweise wird der ausgepresste Traubensaft zu Wein und der aus der Gerste gewonnene Malzzucker zu Bier vergoren. Diese Getränke haben einen Ethanolgehalt von höchstens 15 Volumenprozent.

Destillation: Destillierter Alkohol oder „gebranntes Wasser“ wird durch Destillation aus vergorenen Ethanolhaltigen Flüssigkeiten gewonnen. Ethanol siedet bei einer Temperatur von etwa 78°C, Wasser erreicht den Siedepunkt bei 100°C. Durch die unterschiedlichen Siedepunkte kann der Ethanol von der restlichen Flüssigkeit getrennt werden.

Gebrannte Wasser sind Spirituosen (Spiritus = Weingeist). Der Ethanolgehalt weist mindestens 15 Volumenprozent auf, wobei die meisten Spirituosen einen Ethanolgehalt von 40 Volumenprozent haben.

Bei allen biologischen Herstellungsverfahren von Ethanol geht es letztlich um die Vergärung von Kohlehydraten. Ethanol kann aber auch **nichtbiologisch** aus z.B. Ethen und Wasser synthetisiert werden.

Die biologischen Verfahren, also die Herstellung von Ethanol in Bieren und Wein - setzt an der **Kette** Polysaccharide → Disaccharide → Monosaccharide an. Dazu einige **Erklärungen:**

Polysaccharide: Ihr bekanntester Vertreter ist die Stärke, die Pflanzen als Energiespeicher dient. In Gerste (Bierrohstoff) ist sie zu 60-65% in der Trockenmasse enthalten. Stärke besteht aus zwei Bestandteilen: ca. 17-24%

Amylose, ein Kettenmolekül aus 60-2000 Glucoseresten und **Amylopectin**, ein aus 6000 - 40.000 Glucoseresten aufgebautes Molekül. Ein weiteres, aus Glucose-Molekülen aufgebautes Makromolekül ist die **Cellulose**, nur sind hier die Verknüpfungen anders strukturiert. Daneben finden sich noch zahlreiche andere Verbindungen in der Gerste, z.B. andere Verbindungstypen aus Glucose-Resten, Proteine, Gerbstoffe, Anthocyanogene, Catechine, Flavone und und und...

Für die weiteren biologischen Abbauschritte sind jedoch Amylose und Amylopektin nur Ausgangsstoffe: entscheidend ist der **Grundbaustein Glucose**. Mit Glucose verwandte Zucker sind Fructose (Fruchtzucker) und Galactose. Werden Glucose und Fructose zu einem Molekül verbunden, entsteht ein **Disaccharid**, als Haushaltszucker = Saccharose bekannt. Milchzucker wiederum besteht aus Glucose und Galactose. **Polysaccharide** finden sich aber auch als Speicherstoff **Glycogen** in Muskeln und der Leber, oder als **Chitin** im Hautpanzer der Insekten. Durch die Art des Grundbausteins Monosaccharid und die Art der Verknüpfung entsteht eine riesige Menge von verschiedensten Verbindungen mit sehr unterschiedlichen Struktur-Eigenschafts-Zusammenhängen.

Hefen gehören zur großen und heterogenen Gruppe von Sproßpilzen, die i.d.R. einzellig sind. Die rundlich-ovalen Zellen sind 1-9 µm lang und haben einen Durchmesser von 1-5 µm. Meistens bleiben sie in wenigzelligen bis verzweigt-kettigen Verbänden zusammen. Sie vermehren sich durch Sprossung. Unter **anaeroben Bedingungen** (Ausschluss von Sauerstoff) vergären sie Glucose zu Ethanol. Als fakultative Anaerobier können sie aber auch in Anwesenheit von Sauerstoff vergären, ohne jedoch Ethanol zu produzieren. Deswegen sind Hefen überall zu finden, wo auch Glucose ist. Für die Erzeugung von Nahrungsmitteln besitzen sie enorme wirtschaftliche Bedeutung (Bier, Wein, Brot). Für bestimmte Zwecke werden speziell optimierte **Zuchthefen** eingesetzt (Back-, Wein-, Bier-, und Futterhefe). Für die Ethanol-Produktion wird hauptsächlich *Saccharomyces cerevisiae* eingesetzt. 1 g Presshefe enthält 10 Milliarden Hefezellen!

Bei der alkoholischen Gärung (**Glykolyse**) entsteht aus Glucose Ethanol und Kohlenstoffdioxid: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. Der Abbau der Glucose verläuft dabei in mehreren Schritten: Glucose wird zu Brenztraubensäure (Propanonsäure) $CH_3-CO-COOH$ umgewandelt: sog. Glykolyse. Bestimmte Enzyme der Hefe spalten daraus CO_2 ab, das entstehende Ethanal (Acetaldehyd) wird zu Ethanol reduziert. Im Zusammenhang mit energieliefernden Phosphatresten und Wasserstoff-Überträgern ist die Gärung nur ein **Teilsystem der Energiegewinnung** der Zelle. Allerdings kann die zugrundeliegende chemische Reaktion wie oben formuliert nicht in einem einzigen Schritt ablaufen, sondern ist in viele kleine Teilschritte aufgespalten, deren Energiedifferenzen klein genug sind, um andererseits wiederum bestimmte Synthesen zu ermöglichen und das Gesamtsystem nicht durch eine „Energieexplosion“ lahmzulegen. Die Glykolyse ist nur eines von drei Teilsystemen: „Citronensäurecyclus“ und „Atmungskette“ beschreiben zusammen mit der Glykolyse den Abbau von Glucose zu Wasser und CO_2 mit einer Energiefreisetzung von 2816 kJ/Mol.

Arbeitsaufträge:

1. Studiere den Text konzentriert und sorgfältig.
2. Skizziere den Weg der biologischen Ethanolherstellung in einem mind map!
3. Begründe die Trennung der Ethanolherstellung in einen Gärungs- und einen Destillationsschritt!
4. Mit welchen Systemen werden Poly- und Disaccharide in Monosaccharide umgewandelt?

Quellen: Jan Koolmann, Hans Moeller, Klaus Heinrich Röhm (Hrsg.): Kaffee, Käse, Karies...Biochemie im Alltag, Weinheim 2003; Römpf-Chemie-Lexikon; Bernd Löwe: Biochemie, Bamberg 1989 V01/24. November 2005