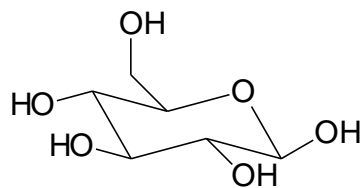


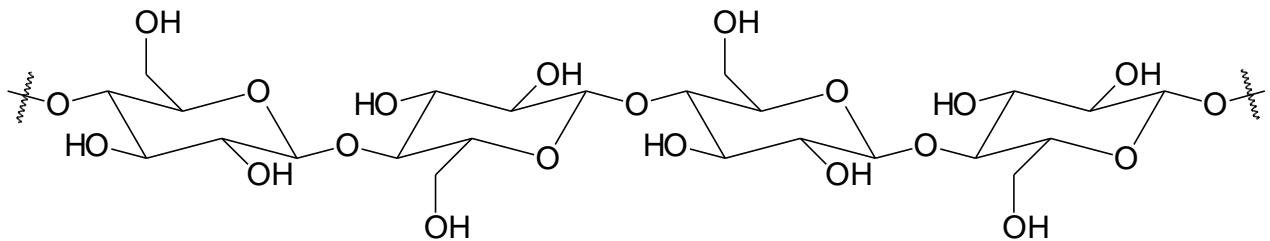
Holz-Verzuckerung

Theorie

Holz besteht, wie alle anderen Pflanzengerüste auch, zu einem Großteil aus *Cellulose*. Dabei handelt es sich um ein Polykondensat der *Glucose*, die zur organischen Substanzklasse der *Kohlenhydrate* gehört.



Glucose-Molekül in der Ringform



Ausschnitt aus einem Cellulose-Molekül

Durch säurekatalysierte Spaltung der Bindungen, welche die Glucose-Einheiten zusammenhalten, kann Glucose als Reinstoff gewonnen werden. Dieser als *Holz-Verzuckerung* bezeichnete Vorgang hatte vor allem im zweiten Weltkrieg eine überragende Bedeutung, da die so gewonnene Glucose in einem nächsten Schritt durch Gärung zu *Ethanol* umgesetzt werden kann, das - nach nur geringfügiger Modifikation des Motor-Aufbaus - als Ersatzstoff für Benzin verwendet werden kann. In Brasilien z.B. hat die Gewinnung von Alkohol als Treibstoff aus Zuckerrüben auch heute wieder eine größere Bedeutung erlangt.

Technisch kann die Holz-Verzuckerung prinzipiell nach zwei Verfahren durchgeführt werden: Entweder verwendet man verdünnte anorganische Säuren und arbeitet bei Temperaturen zwischen 50 °C und 100 °C, oder aber man setzt bei Raumtemperatur konzentrierte Säuren ein. Auf diese Weise kann man z.B. aus trockenem Nadelholz bis zu 40 Massenprozent Glucose gewinnen. Als Ausgangsmaterial dienen vorwiegend Holzabfälle, so daß die Holz-Verzuckerung auch vom wirtschaftlichen Standpunkt aus interessant ist.

Im Gegensatz zur Cellulose enthält das Glucose-Molekül eine *Aldehyd-Gruppe*. Die im Verlauf der Holz-Verzuckerung gebildete Glucose kann daher durch eine spezifische Nachweisreaktion für Aldehyd-Gruppen angezeigt werden. Dazu eignet sich die *Fehling-Probe*, in deren Verlauf rotbraunes Kupfer(I)-oxid entsteht, wenn das untersuchte Substanz-Gemisch einen Aldehyd enthält.

Ziele

1. Kenntnis des Aufbaus von Glucose und Cellulose.
2. Gewinnung von Glucose aus Sägemehl durch Holz-Verzuckerung.
3. Nachweis der gebildeten Glucose mittels Fehling-Probe.

Arbeitsvorschrift

A. Holz-Verzuckerung

- 1) Fünf Polylöffel feines Sägemehl werden in ein Becherglas 250 ml gegeben und mit 40 ml Schwefelsäure der Konzentration 1 mol/l versetzt. Mit einem Glasstab wird kurz umgerührt. Anschließend wird ein Magnet-Rührstäbchen hinzugefügt.
- 2) Das Becherglas wird auf einen Heizrührer gestellt. Man taucht ein Thermometer, das an einer Stativklammer fixiert ist, in das Reaktionsgemisch ein. Dann wird der Rührmotor in Betrieb genommen, und der Sägemehl-Brei wird behutsam auf 60°C erhitzt.
Vorsicht vor Schwefelsäure-Spritzern! Unbedingt Schutzbrille tragen!
- 3) Nun setzt man vorsichtig 25 ml deionisiertes Wasser zu, erhitzt zum Sieden, und läßt ca. 3 Minuten lang kochen. Dann stellt man das Becherglas in ein kaltes Wasserbad und läßt den Inhalt auf Zimmertemperatur abkühlen.
- 4) Die nicht in Lösung gegangenen festen Holzbestandteile werden anschließend über eine Nutsche abfiltriert. Das erhaltene honiggelbe Filtrat wird aus der Saugflasche in ein Becherglas 100 ml transferiert.
- 5) Nun taucht man vorsichtig die Glaselektrode einer pH-Meßkette in das Filtrat. Das pH-Meter muß vorgängig gemäß der speziellen Anleitung im Anhang in Betrieb genommen und geeicht werden.
- 6) Unter ständigem leichtem Umschwenken des Becherglases gibt man nun aus einer Pasteurpipette so lange Natronlauge 1 mol/l zu, bis der pH-Wert 7.0 ± 0.5 beträgt.
Dazu sind größenordnungsmäßig 10 Pasteurpipetten Natronlauge notwendig. Trotzdem muß die Zugabe nach den ersten paar Pipetten tropfenweise erfolgen, da kurz vor dem Erreichen des Neutralpunktes bereits ein zuviel zugegebener Tropfen den pH-Wert viel zu hoch schnellen lassen kann.
- 7) Die nun praktisch neutrale Flüssigkeit ist deutlich dunkler gefärbt als das ursprüngliche, saure Filtrat und enthält Schwebeteilchen, die während der Natronlauge-Zugabe ausgefallen sind. Diese Schwebeteilchen müssen über ein frisches Rundfilter abgenutscht werden.

Die so erhaltene klare, honiggelbe Flüssigkeit enthält gelöste Glucose. Aus Zeitgründen wird diese nicht gereinigt und als weiße Kristalle gewonnen, sondern nur nachgewiesen.

B. Nachweis der Glucose mittels Fehling-Probe

- 1) 10 ml Fehling-Lösung I und 10 ml Fehling-Lösung II werden in ein Becherglas 50 ml gegeben und gut durchmischt.
- 2) 5 ml der honiggelben Probe aus Experiment A werden in ein Reagenzglas gegeben und mit 5 ml des tiefblauen Gemisches der beiden Fehling-Lösungen versetzt, worauf kurz umgeschüttelt wird.
- 3) Der Inhalt des Reagenzglases wird im Abzug über der heißen Gasbrennerflamme zum Sieden erhitzt. Man läßt die Flüssigkeit etwa 30 Sekunden bis eine Minute lang sieden.

Vorsicht: Das Gemisch der Fehling-Lösungen neigt zu starken Siedeverzügen. Daher unbedingt im Abzug arbeiten, die Schutzscheibe nach unten ziehen und die Reagenzglas-Öffnung immer gegen die hintere Wand richten.

- 4) Man stellt das Reagenzglas in ein Gestell und läßt es dort etwa 2 Minuten lang stehen. Dann schaut man nach, ob sich am Boden des Glases ein rotbrauner Niederschlag von Kupfer(I)-oxid abgesetzt hat. Tritt er auf, so enthielt die Probe einen Aldehyd. Im vorliegenden Fall kann es sich dabei nur um die bei der Holz-Verzuckerung entstandene Glucose handeln.
- 5) Zu Vergleichszwecken wird die Fehling-Probe (Schritte 2 bis 4) mit den folgenden beiden Substanz-Gemischen wiederholt:
 - ♦ Wäßriger Sägemehl-Extrakt.
 - ♦ Glucose-Lösung: Zu 5 ml Wasser, das sich in einem Reagenzglas befindet, gibt man eine Spatel-spitze feste Glucose und löst diese darin auf.

Entsorgung

- Sämtliche Filtrations-Rückstände aus Experiment A können in den Abfalleimer für Festkörper gegeben werden.
- Der Rest der neutralisierten Glucose-Lösung aus Experiment A kann in den Abguß geschüttet werden, wobei mit Leitungswasser nachgespült wird.
- Alle Lösungen aus Experiment B müssen in den Behälter für Schwermetall-Abfälle gegeben werden.

Aufgaben

1. Zeichnen Sie ein Glucose-Molekül
 - a) in seiner Ring-Form.
 - b) in seiner offenkettigen Form.Worin liegt ein wichtiger Unterschied der beiden Formen?
2. Zeichnen Sie schematisch den Aufbau von Cellulose.
3. Auch *Stärke* ist ein Polykondensat der Glucose. Jedoch kann der Mensch Stärke - im Gegensatz zu Cellulose - im Magen in Glucose zerlegen, d.h. verdauen. Worin liegt der entscheidende Unterschied zwischen Cellulose und Stärke?
4. Wie funktioniert der Mechanismus der Säurekatalyse bei der Spaltung der Bindungen zwischen den einzelnen Glucose-Einheiten?
5. Zu welchem Reaktionstyp gehört die Fehling-Probe für den Nachweis von Aldehyden?
6. Warum werden im Experiment B außer dem Filtrat aus der Holz-Verzuckerung auch noch die beiden anderen in der Arbeitsvorschrift aufgeführten Proben dem Fehling-Test auf Aldehyde unterzogen?