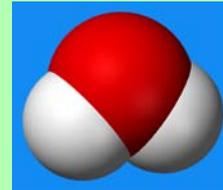




Iodprobe: Nachweis von Stärke Ist beim Abmaischen noch unverzuckerte Stärke vor- handen?



**BrauLabor
12**
Physik/Chemie

**Iodprobe
Stärkenachweis**

Aufwand: klein	Material: klein	Zeit: gering	Experimenttyp: Bestimmung	Anspruch: gering
--------------------------	---------------------------	------------------------	-------------------------------------	----------------------------

Einführung

Allgemeine Einführung.

Stärke, ein weit verbreiteter pflanzlicher Reserve-Mehrfachzucker (Polysaccharid), ist das wichtigste Kohlenhydrat der menschlichen Nahrung. Stärke kommt in den Chloroplasten (Blattgrünkörner) der Blätter, in Früchten, Samen und Knollen vor. Besonders hoch ist der Stärkegehalt in Getreidekörnern (bis 75% der Trockenmasse), in Kartoffelknollen (etwa 65%) und in anderen pflanzlichen Speicherorganen. In solchen Geweben findet man die Stärke in Form mikroskopisch kleiner Körnchen in den Zellen. In Getreidekörnern bilden sie zusammen den Mehlkörper (Abb. 1).

Stärkekörner sind in kaltem Wasser praktisch unlöslich, quellen aber beim Erhitzen in Wasser stark auf. Etwa 15-25% der Stärke lässt sich durch längeres Kochen kolloidal in Lösung bringen. Diesen Anteil nennt man Amylose (= lösliche Stärke). Die restliche Stärke, das Amylopektin, bleibt auch unter diesen Bedingungen unlöslich (Abb. 2).

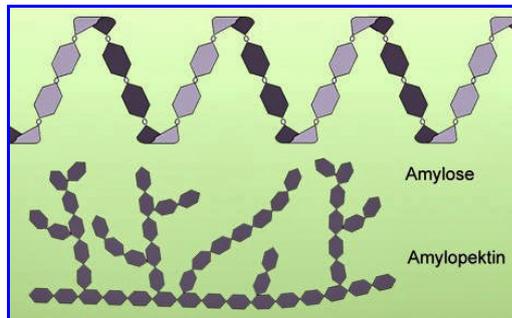


Abb. 2. Stärkemoleküle.

Im Gerstenkorn (und natürlich auch Malzkorn) liegen 2 Stärkeformen vor: Amylose (20-30%), wasserlöslich, geradlinige-spiralige Verkettung von Traubenzuckermolekülen (n-Glucose, n ca. 1'000); Amylopektin (70-80%), unlöslich, aus n = 62'000 - 145'000 verzweigten Glukosemolekülen in verzweigten Ketten.

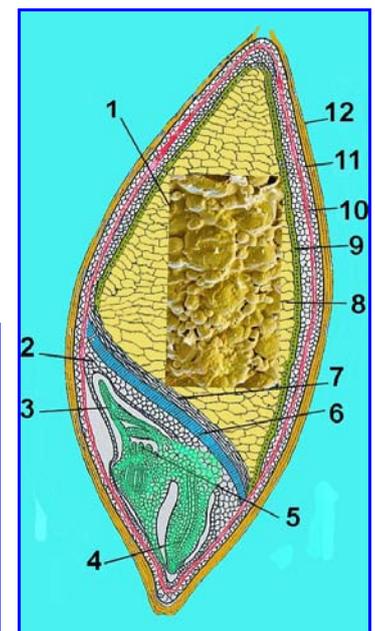


Abb. 1. Gerstenkorn (Schnittbild).

Neben dem Pflanzenembryo (3-5) dominiert der grosse Mehlkörper (Endosperm). Bildmontage mit Blick in Einzelzelle mit Stärkekörnern. cf. MUG-Mikrobrauerei > Abb. 7 mit vollständiger Beschriftung.

Brautechnische Bedeutung

Maischen: aus Malz wird Würze.

In der Maische erfolgt der Stärkeabbau zu Würze, also wasserlösliche vergärbare Zuckereinheiten zu zerlegen. Dazu braucht es zwingend die biologischen Schneidewerkzeuge, die Enzyme, denn Stärkemoleküle sind den Hefen nicht zugänglich bzw. nicht "verdaubar".

Die Schlüsselenzyme dazu sind 1. zwei Amylasen (α -Amylasen, β -Amylasen) und 2. Maltasen. Die β -Amylase spaltet die Stärke von den Kettenenden her; dabei entsteht Malzzucker (Maltose), ein von den Hefen vergärbare Zucker aus zwei Molekülen Traubenzucker (Glukose). Amylose wird optimal bei 60-65 °C vollständig zu Maltose abgebaut. Das verzweigte Amylopektin wird von der β -Amylase nur zu ca. 50% zu Maltose abgebaut, da sie die Seitenketten nicht spalten kann.

Die α -Amylase spaltet die kettenförmige Amylose bei 72-75 °C in willkürlichen Abständen, dabei entstehen relativ grosse Amylodextrine, ein Gemisch aus verschiedenen langkettigen Oligo- und Polysaccharide (Mehrfach- und Vielfachzucker). Dextrine sind nicht vergärbare Zuckerketten und versüßen das Bier. Die β -Amylase kann allerdings Dextrine weiter zerkleinern, je nach Temperatur und Zeitdauer. Ab 70 °C werden die β -Amylasen geschädigt, ab 80 °C die α -Amylasen. Durch Zeit und Temperatur kann also der Stärkezerlegungsprozess gesteuert werden (z.B. "Maischprogramme" mit 4 Rasten [Einmaischrast, Eiweissrast, β -Amylaserast, α -



Amylaserast → Alkoholgehalt vs. Restsüsse!

Ein unverzeihbarer Maischefeher wäre es, den Maischeprozess vor einer vollständigen Verzuckerung (= vollständigem Stärkeabbau) abzubrechen. Die verbleibende nicht abgebaute Reststärke führt zu einer unansehnlichen Trübung und zu schlechtem Geschmack; ebenso wird die Haltbarkeit beeinträchtigt. Daher muss zwingend vor dem Maischende die sog. Iodprobe durchgeführt werden, also der qualitative Test auf evtl. Reststärke bzw. Auf eine vollständige Verzuckerung: Stärke → Stärkeabbau in Etappen → vollständiger Stärkeabbau = Verzuckerung → Würze.

Stärkenachweis: mittels Iodprobe.

Der bekannteste Stärkenachweis mit der Lugolschen Lösung (KI.I₂, "Iod-Iodkaliumlösung") beruht auf der Einlagerung von Iodmolekülen in die helikale Struktur des Amyloseanteils der Stärke (Abb. 3). Die Bildung des Iod-Stärke-Komplexes ist mit einer blauviolettten Färbung verbunden. Je nach Amyloseanteil variiert die Färbung von tiefblau bis schwarz, manchmal ist ein rötlicher Ton auszumachen. Bei höherer Temperatur ändert sich die Spiralstruktur und Iod kann sich nicht mehr einlagern: die Färbung bleibt aus! Der Stärkenachweis sollte deshalb immer bei Zimmertemperatur durchgeführt werden.

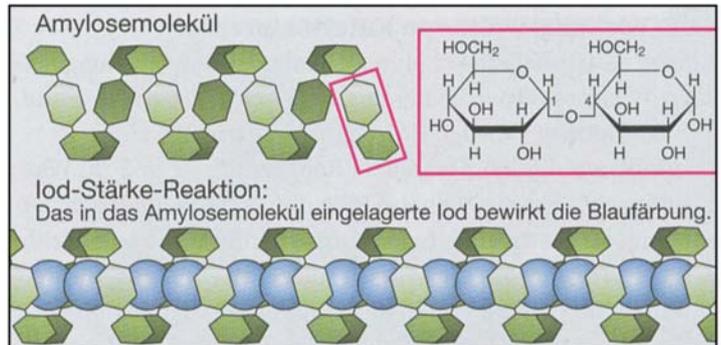


Abb. 3. Iodprobe: Stärkenachweis.

Tropft man Iod-Kaliumiodid-Lösung auf eine stärkehaltige Probe, so erfolgt eine Blau- oder Violett-färbung, die auf Stärke hinweist. Kann keine Stärke nachgewiesen werden, wurde sie in Zuckereinheiten enzymatisch abgebaut.

Zusatzwissen: Nach ihrer Farbreaktion mit Iod unterscheidet man Amylodextrine (längerkettige Glukoseverbindung → blaue Iodreaktion), Erythro-dextrine (8-12 Glukosebausteine → leichte rote Iodreaktion) und niedermolare Achroo-dextrine (4-6 Glukosebausteine), die keine Farbreaktion mit Iod geben.



Kernwissen für Braupraxis: Stärkenachweis - ein indirekter Zuckernachweis

Bierbrauen heisst Vergärung von zuckerhaltigen Medien (= Würze) durch Hefezellen zu Alkohol, Kohlenstoffdioxid und Aromastoffen. Die vergärbaren Zuckereinheiten, primär der Doppelzucker Maltose (Malzzucker) stammt aus dem enzymatischen Stärkeabbau durch α-Amylasen, β-Amylasen und Maltasen im Maischeprozess. Die Stärkeumwandlung zu Zuckereinheiten muss vollständig sein und kann durch die Iodprobe nachgewiesen werden: Stärke reagiert mit dem Iodreagenz Iod-Kaliumiodid (Lugolsche Lösung, KI.I₂) oder eine Iodtinktur (alkoholische Lösung von elementarem Iod) je nach Konzentration mit einer fast schwarzen bis dunkelblauen Farbreaktion (= Amylose-Reaktion) und violetten bis reinroten Farbreaktion = Amylopektin-Reaktion). Je weniger Stärke nachgewiesen werden kann, desto mehr Zucker muss entstanden sein. In der Regel kommt es zu einer Mischreaktion: Färbung zwischen violettbraun und schwarz.

Am Ende des Maischens muss der Stärketest negativ ausfallen, d.h. es darf keine blau-violett-rötliche Farbe mehr sichtbar sein.



Die Iodprobe als direkter Stärkenachweis und als indirekter Zuckernachweis, da das "Verschwinden" der Malzstärke durch die enzymatische Spaltung des Vielfachzuckers Stärke in kleinere Zuckereinheiten erklärbar ist, gehört zu den grundlegenden Nachweisreaktion in jedem Brauprozess während der Maische. Die sichere Handhabung des Nachweisverfahrens und die Interpretation der Resultate ist zwingend bei jedem Brauprozess.

Materialien

Glaswaren/Geräte/ andere Materialien	Tüpfelplatte (Info) oder kleine Bechergläser, Löffel oder Chemikalienspatel, weisse Unterlage (z.B. Papier), Pasteurpipetten
Verbrauchsmaterial	weisses Papier (Hintergrund für Stärkenachweis in Bechergläseren), Haushaltspapier

Chemikalien	Iodlösung: Lugol'sche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung, KI-I ₂ , 250 mL [Info]) Rezept: 5 g Iod (I ₂ , kristallin, 100 g [Info]) und 10 g Kaliumiodid (KI, 100 g [Info]) in möglichst wenig dest. Wasser lösen; anschließend ad 100 mL mit dest. Wasser auffüllen und lichtgeschützt in brauner Glasflasche aufbewahren (nicht in Polyethylenflaschen, da sich die Lösung unter Lichteinwirkung entfärbt); destilliertes oder entionisiertes Wasser Iodlösung bekommt man auch in Brauläden ("Brauerjod", z.B. Info)	
Biologische Objekte	Proben: geschrotetes Malz, Einmischprobe, Maischeproben aus Rasten Nr. 3 und 4 (1. Einmischrast [ca. 38 °C], 2. Eiweissrast [50-53 °C], 3. 1. Verzuckerungsrast (̂-Amylaserast = Maltoserast [62-67 °C], 4. zweite Verzuckerungsrast (̂-Amylaserast [62-67 °C] aus	

Stärkenachweis mittels Iodprobe:

siehe Abb. 4 - 6

1. Wahl und Vorbereitung der Proben: empfohlen, zwingend

Es empfiehlt sich, folgende Maischeproben zu untersuchen, um auch den Abbau bzw. die Abbaugeschwindigkeit (Kinetik) der Stärke zu beobachten:

- alle Proben:
in einer Tüpfelplatte sammeln oder in kleinen Bechergläsern auf weißem Hintergrund (Blatt Papier)
die Proben müssen spelzenfrei sein, da diese stärkehaltig sind und so die Probe verfälschen können
- 1: geschrotete Malzkörner: eine kleine Probe mit den gut sichtbaren Mehlkörpern mit etwas Wasser benetzen
- 2: Einmischprobe: eine gut gerührte kleine Einmischprobe mit einem Spatel/Löffel entnehmen und abkühlen lassen
- 3: Ende erster Verzuckerungsrast (Maltoserast, 62-67 °C): eine kleine flüssige Probe mit einer Pasteurpipette entnehmen und abkühlen lassen
- 4: Ende letzter Verzuckerungsrast (72-75 °C): eine kleine flüssige Probe mit einer Pasteurpipette entnehmen und abkühlen lassen

2. Stärketest:

- zu den Proben 1-2 Tropfen Iodlösung dazugeben
- zum Farbvergleich "reines Nachweis-Reagenz Lugol" vs. "Proben": einige Tropfen Iodlösung in separates Becherglas bzw. Vertiefung der Tüpfelplatte geben (cf. Abb. 6, Becherglas)
- Proben leicht durch kreisende Bewegungen durchmischen
- Farbveränderung beobachten und protokollieren

3. Interpretation Farbumschlag:

- ▶ schwarz, dunkelblau → viel Stärke bzw. wenig bis kein Zucker
- ▶ blau bis violett → stärkehaltig, etwas Zucker
- ▶ rötlich → Amylopektin-Stärke enthaltend
- ▶ wenige blaue Körnchen sichtbar z.B. mit Lupe → Stärkeabbau fast vollständig, Zucker vorhanden
- ▶ bräunlich-gelbe Farbe wie Iodreagenz → die Maischeprobe ist "iodnormal"*, d.h. es ist keine Stärke mehr nachweisbar, Stärke ist abgebaut → Zucker vorhanden

*wenn Stärkebruchstücke ≤ 9 Glukoseeinheiten lang sind

Erst wenn keine Stärke mehr nachweisbar ist, ist der Maischeprozess mit der **vollständigen Verzuckerung** beendet und es liegt der Hauptguss als Vorderwürze vor. Bei noch vorhandener Reststärke kann die letzte Rast - also noch vor dem Aufheizen zur Abmischtemperatur, üblicherweise bei 78 °C - verlängert werden, bis eine vollständige Verzuckerung nachgewiesen wird. Nach dem Läutern mit dem Aussüssen (Nachguss) liegt die Pfannevollwürze mit dem gesamten vergärbaren und nicht vergärbaren Zuckeranteil vor. Jetzt darf mit ruhigem Brauergewissen mit dem Würzekochen weiter gefahren werden.

4. Einige Hinweise und Tipps:

- bei hellen Bieren ist die Interpretation der Iodprobe einfach und zuverlässig
- bei dunklen Bieren ist die Interpretation durch die starke Eigenfärbung der Maische erschwert, da der Farbumschlag kaum sichtbar ist.

Tipp: nach relativ kurzem Maischen bereits eine Iodprobe durchführen → sichtbarer Farbumschlag infolge Stärke; Probe dann mit Alufolie abdecken (d.h. kein Lichteinfall auf Probe) und mit späterer Iodprobe aus Rast Nr. vergleich herbei ziehen → Farbveränderung leichter erkennbar

- der Farbumschlag ist reversibel durch Wärme, d.h. immer bei Zimmertemperatur durchführen
- das Iodreagenz ist lichtempfindlich → zum Farbvergleich z.B. der Proben 1 - 4 immer unter einer Alufolie abgedeckt kurzfristig aufbewahren
- Iodlösung immer in brauner Flasche, evtl. zusätzlich mit einer Alufolie umhüllen und gut verschlossen aufbewahren
- Vorsichtig im Umgang: Iodlösung auf der Haut kann über mehrere Tage dunkelbraune Flecken bilden.



Abb. 4. Stärkenachweis: verschiedene Zucker- und stärkehaltige Proben.

Tüpfelplatte obere Reihe von links nach rechts: Maizena (= Maisstärke); Teigwaren: Hörnli; Zucker: Malzzucker (Maltose).

Tüpfelplatte untere Reihe: Haushaltzucker (Saccharose), Würfelzucker (Saccharose), geschrotetes Malz (Spelzen und Mehlkörper).



Abb. 5. Stärkenachweis mit Iod-Kaliumjodidlösung (Lugolsche Lösung, Braueriod).

Alle Proben wurden zunächst mit Wasser befeuchtet und dann mit wenigen Tropfen Iodlösung betreufelt. Es reagieren nur stärkehaltige Proben: Maisstärke, Teigwaren, geschrotetes Malz (Mehlkörper stark, z.T. Spelzen schwach), nicht aber z.B. Malzzucker.

Siehe auch Webseite "Brauprozesse im Bild" [hier](#) > Abb. 3.10.

Info: [Nachweisreaktion](#); [chemischer Hintergrund](#).



Abb. 6. Stärkenachweis Detail.

Die Proben Maisstärke, Teigwaren, Malzzucker und beide Haushaltzucker sind Kontrollansätze, d.h., sie zeigen, dass die Iod-Kaliumjodidlösung tatsächlich ein für Stärke spezifisches Nachweisreagenz ist und nur Stärke nachweist.

Im Becherglas links ist als Vergleich die reine Iodlösung zu sehen: dient als Farbvergleich - wenn keine Stärke vorhanden ist, sollte in den Proben in etwa die gleiche Farbe resultieren.