

## Hinweis

Bei dieser Datei handelt es sich um ein Protokoll, das einen Vortrag im Rahmen des Chemielehramtsstudiums an der Uni Marburg referiert. Zur besseren Durchsuchbarkeit wurde zudem eine Texterkennung durchgeführt und hinter das eingescannte Bild gelegt, so dass Copy & Paste möglich ist – aber Vorsicht, die Texterkennung wurde nicht korrigiert und ist gerade bei schlecht leserlichen Dateien mit Fehlern behaftet.

Alle mehr als 700 Protokolle (Anfang 2007) können auf der Seite [http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen\\_experimentalvortrag.html](http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html) eingesehen und heruntergeladen werden.

Zudem stehen auf der Seite [www.chids.de](http://www.chids.de) weitere Versuche, Lernzirkel und Staatsexamensarbeiten bereit.

Dr. Ph. Reiß, im Juli 2007

500

Oliver Schneider  
Friedrich-Ebert-Str. 111  
Zi. 216  
35039 Marburg

Protokoll zum  
Experimentalvortrag über  
Getreide

Gehalten am 13.01.1994

## Einleitung

Seit mehr als 10.000 Jahren essen Menschen Getreide. Die damaligen Jäger und Sammler suchten zunächst nur nach einzelnen Halmen, lernten jedoch schnell, Getreidekörner zu sähen und auf die Ernte zu warten. Somit leistete Getreide einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Selbsthaftwerdung unserer Vorfahren.

Noch heute deckt der Mensch durchschnittlich über die Hälfte seines Nahrungsbedarfs durch pflanzliche Nahrungsquellen, unter denen Getreide den 1. Platz einnimmt.

Die heutigen Kulturgetreidearten mit ihren dichten Ähren und dicken Körnern stammen von Gräsern ab, die weitaus weniger Ertrag brachten. Die enge Verwandtschaft zu den Wildgräsern kann man als Laie am leichtesten an jungen Schößlingen erkennen, welche man kaum von gemeinen Gräsern unterscheiden kann.

Getreide spielt also seit langer Zeit eine wichtige Rolle im Leben der meisten Menschen und dieser Experimentalvortrag soll einen kleinen Beitrag dazu leisten, das Wissen über dieses Grundnahrungsmittel auf chemischer Basis etwas mehr zu verbreiten.

## Eiweiß

Manche denken, wenn sie das Wort "Getreide" hören nur an Kohlenhydrate und das, obwohl sämtliche Getreidearten einen beachtlichen Anteil Eiweiß besitzen, was sich mit Hilfe der Xanthoproteinreaktion auch leicht zeigen läßt:

Man versetzt dazu etwa 100 mL kochendes Wasser mit einer kleinen Portion Getreidemehl (~ 2g). Dann fügt man 100 mL konz. Salpetersäure hinzu. Die eintretende Gelbfärbung beruht auf elektrophilem Angriff von Nitrylkationen an den Benzolringen der Aminosäuren Phenylalanin, Tryptophan oder Tyrosin. Es entstehen gelbe Nitroverbindungen. Alkalisiert man die gelbe Lösung, so tritt eine Farbvertiefung ein, die auf die Deprotonierung der Aminosäure Tyrosin zurückzuführen ist, da das bei ihr zu einer Erweiterung des konjugierten  $\pi$ -Elektronensystems führt. (Vgl. Folie 1)

Will man auch die Anwesenheit anderer Aminosäuren nachweisen, so müssen die Getreideproteine zunächst hydrolytisch gespalten werden. Dies kann sowohl im sauren, als auch im alkalischen Milieu geschehen. Der Mechanismus einer sauren Hydrolyse ist auf Folie 2 beschrieben. Ebenfalls dort findet man den Mechanismus zur Markierung der Aminosäuren mit dem stark fluoreszierenden Dansylchlorid, sowie das Verfahren der zweidimensionalen Chromatographie. Man erhält nach diesem Verfahren ein Chromatogramm mit bis zu zwanzig fluoreszierenden Punkten, denen mit Vergleichschromatogrammen die jeweiligen Aminosäuren zugeordnet werden können. Eine genaue Arbeitsanweisung entnehme man den "Versuchsanleitungen zum Org.-Chem. Praktikum - Lehramt - Teil II von Jörg Butenuth; S. 236 f. Auch für eine quantitative Bestimmung der entsprechenden Aminosäuren ist diese Methode geeignet, wenn man ein dansyliertes Hydrolysat mittels Säule trennt und die Fraktionen photometrisch untersucht.

Eine Zusammenstellung der Konzentration der acht essentiellen Aminosäuren in Hafer, Gerste, Mais, Weizen und Roggen findet sich ebenfalls auf Folie 2.

Eine quantitative Abschätzung des Rohproteingehalts kann nach der sog. Kjeldahlmethode erfolgen, deren Einzelschritte auf Folie 3 zusammengefaßt sind. Eine genaue Arbeitsanweisung entnehme man ICC Standard 105 im Anhang. Die durchschnittlich zu erwartenden Ergebnisse sind der Tabelle auf Folie 2 zu entnehmen.

## Kohlenhydrate

Getreide besteht zum Großteil (~ 65%) aus Kohlenhydraten, wobei Stärke den Hauptanteil ausmacht. Sie läßt sich nach kurzem Aufkochen einer kleinen Mehlsprobe mit Hilfe von Iod/Iodkalium-Lsg. in allen Getreidearten leicht nachweisen. (Vgl. Folie 4).

Läßt man jedoch Getreide keimen und erhitzt das aus ihm gewonnene Schrot mit Wasser ca. 1 Std. auf ~ 65°C, so fällt der Stärkenachweis negativ aus.

Das liegt daran, daß der entwickelnde Keimling die Stärke als Energiequelle nutzen will, dazu  $\beta$ -Amylose produziert, welche als Exohydrolase die Stärke zu Malzzucker (Maltose, ein Disaccharid) abbaut. Diesen Vorgang machen sich Bierbrauer seit jeher zunutze.

Maltose ist ein reduzierender Zucker (ungeschützte Halbacetalstruktur) und gibt mit Fehlingscher Lösung eine positive Reaktion.

Man versetzt dafür die Maltoselösung mit gleichen Teilen **Fehling I** ( 7 g  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$  in 100 mL Wasser) und **Fehling II** ( 37 g Kaliumnatriumtartrat, 10 g NaOH in 100 mL Wasser) und erhitzt im siedenden Wasserbad. Reaktionsgleichung auf Folie 4.

## Mineralstoffe

Der Mensch ist auf Zufuhr einer ganzen Garnitur von Mineralstoffen mit seiner Nahrung angewiesen. Einer der wichtigsten Mineralstoffe ist das Eisen. Der Tagesbedarf für Frauen liegt bei durchschnittlich 18 mg, der der Männer bei durchschnittlich 12 mg. Der Körper baut daraus zu 73% Hämoglobin (Blutbildung), zu 16% Ferrin (Eisenreservestoff), zu 3.3% Myoglobin, Enzyme uvm auf.

Ein gesunder Körper enthält 4-5 g Eisen; bei Eisenmangel kommt es zu Blutarmut, Muskelschwäche und Müdigkeit.

Auch Getreide und Getreideprodukte sind geeignet, dem Körper Eisen zuzuführen; wengleich in unterschiedlichem Maße. Dieser Sachverhalt ist zu demonstrieren, wenn man eine genau abgewogene Probe Getreidemehls verascht, dann mit konz. Salzsäure auslaugt, das sodann mit Acetat abgepufferte Extrakt mit Ascorbinsäure versetzt und davon eine gewisse Menge mit 0,5 %iger Phenanthrolinhydrochlorid-Lsg. versetzt. Schon geringe Mengen an Eisen-II-Ionen werden durch Bildung des orangefarbenen Ferroinkomplexes angezeigt. Die Reaktionsgleichungen befinden sich auf Folie 5; soll die Methode nicht nur für einen qualitativen Nachweis genutzt werden, sondern zur quantitativen Bestimmung dienen, vgl. Skriptum z. anorg. chem. Praktikum f. Lehramtskandidaten von E. Gerstner 1993 S.293 ff.

## Vitamine

Neben Kohlenhydraten, Proteinen und Mineralstoffen ist für den Menschen die Zufuhr von Vitaminen lebensnotwendig.

Das am längsten bekannte Vitamin ist Vitamin B<sub>1</sub> (Thiamin). Es soll hier exemplarisch behandelt werden.

Der Tagesbedarf des Menschen an Thiamin liegt bei etwa 1,3 mg.

Mangelerkrankungen sind schon aus der Zeit um 2600 v. Chr. überliefert, der Symptomenkomplex wird als "Beriberi" bezeichnet. (Vgl. Folie 6).

Bei einer vollwertigen Ernährung mit Vollkornprodukten treten derartige Mangelerkrankungen allerdings nicht auf, da in Getreide genügend Thiamin vorhanden ist (vgl. Tabelle auf Folie 7).

Dies läßt sich folgendermaßen nachweisen:

Man versetzt ca. 25g Mehl mit ca. 125ml Wasser und säuert mit Schwefelsäure an. Am nächsten Tag wird zentrifugiert und nur der Überstand mit Natriumacetat auf ca. pH 7-9 gepuffert. Man versetzt mit einer Spatelspitze Trypsin, ein eiweißspaltendes Enzym, das in diesem pH-Bereich sein Wirkungsmaximum hat, und läßt 20 Minuten reagieren. Dann versetzt man nochmals die gleiche Menge Natriumacetat und prüft diese Lösung wie folgt auf Vitamin B<sub>1</sub>:

Man versetzt 5 mL dieser Lösung mit 5 mL Nachweisreagenz ( 0,03 g K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], 15 g NaOH auf 100 mL aufgefüllt), schüttelt und versetzt nach 1 min mit 5 mL Isobutanol, schüttelt ca. 1 min und weist eine hellblaue Fluoreszenz (Thiochrom) unter der UV-Lampe nach. Reaktionsgleichung auf Folie 7.

## Fette

Getreide enthält teilweise beachtliche Mengen Fett (Hafer z.B. durchschnittl. 7,1 g pro 100 g; vgl auch Tabelle auf Folie 9), wobei sich die Gesamtfettfraktion in drei Hauptgruppen gliedert:

### 1. Die Neutralfette.

Diese auch als Triglyceride bezeichneten Moleküle sind Ester des dreiwertigen Glycerins mit drei Fettsäuren.

### 2. Die Phosphoglyceride.

Sie sind den Neutralfetten sehr ähnlich, enthalten jedoch noch eine eingeeesterte Phosphatgruppe.

### 3. Die Steranderivate.

Diese unpolaren Moleküle sind vierkernige Verbindungen.

Gruppe 1 dient vornehmlich als Speichersubstanz, Gruppe 2 und 3 sind wichtige Membranbauteile. Die Strukturformeln sind auf Folie 8 angegeben.

Einen Eindruck über den Fettgehalt verschiedener Getreidesorten kann man sich leicht verschaffen, indem man ca. 30 g Mehl mit ca. 100 ml Ethanol oder Methanol verreibt,

absaugt, das Abgesaugte mit ca. 150 mL Petrolether langsam übergießt und währenddessen weiter absaugt. Den Extrakt versetzt man in einem Scheidetrichter mit ca. 10 mL Wasser, wonach sich zwei Phasen bilden. Die obere Phase enthält den Petrolether und die Gesamtfettfraktion. Sie wird im Rotationsverdampfer vom Petrolether befreit; das Rohfett bleibt zurück.

Ein großer Vorteil der Getreidefette ist, daß sie reich an ungesättigten Fettsäuren sind (Linolsäure z.B. 40%). Diese sind für die menschliche Ernährung essentiell.

Ungesättigte Fettsäuren lassen sich leicht nachweisen, indem man zu dem entsprechenden Öl etwas mit Petrolether verdünntes Brom gibt. Die augenblickliche Entfärbung zeigt Doppelbindungen an, die bei dieser Reaktion bromiert werden. Vgl. Folie 9.

## Mutterkornalkaloide

Alkaloide sind alkalisch reagierende Naturstoffe, die meist in Pflanzen vorkommen und häufig eine ausgeprägte Giftwirkung haben.

Auch bei Getreide spielen sie eine Rolle, denn der Mutterkornpilz, der gern auf Roggen schmarotzt hat eine ganze Reihe hochwirksamer Alkaloide aufzuweisen. Das Mutterkorn tritt erstmals im frühen Mittelalter in Erscheinung, wo es epidemieartige Massenvergiftungen auslöst. Die letzte große Epidemie war 1926/27 in Rußland. Krankheitssymptome: Erbrechen, Durchfall, Glieder beginnen sich schwarz zu verfärben und abzufallen.

Die erste urkundliche Erwähnung einer arzneilichen Wirkung (weheneinleitende Wirkung) stammt aus dem Jahr 1582.

Das erste Reinpräparat eines Mutterkornalkaloids (Ergotamin) konnte jedoch erst 1918 dargestellt werden. Seither wurden dutzende anderer mit teilweise hohem therapeutischem Wert in der Frauenheilkunde gefunden und charakterisiert.

Mutterkörner lassen sich im Herbst relativ leicht auf Roggenfeldern finden. Nicht alle Körner enthalten jedoch Alkaloide.

Nachweisbar sind Mutterkornalkaloide wie folgt: Es werden 0,125 g p-Dimethylamino-benzaldehyd gelöst in einer gekühlten Mischung von 65 mL Schwefelsäure und 35 mL Wasser, der 0,1 mL einer 5%igen  $\text{FeCl}_3$  Lsg. zugesetzt wurde. Mit dieser Lsg. unterschichtet man den weinsäurehaltigen 50proz. Aceton-Wasser (1:1) Extrakt. Die zugehörige Reaktionsgleichung befindet sich auf Folie 10.

Literatur:

- Handbuch der landwirtschaftlichen Untersuchungsmethoden 1941  
Verlag J. Neumann, Neudamm und Berlin
- Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot  
Detmold 1978
- Lebensmittel Praxis Warenverkaufskunde  
Neuwied
- Die Mutterkornalkaloide 1964  
F.Enke Verlag Stuttgart
- Brockhaus Enzyklopädie 19.Aufl.
- Lebensmittel Praxis Warenverkaufskunde  
Neuwied
- Skriptum zum ANORGANISCH - CHEMISCHEN PRAKTIKUM für  
LEHRAMTSKANDIDATEN 3. Aufl. 1993
- Versuchsanleitungen zum Org.- Chem. Praktikum - Lehramt - von Jörg Butenuth
- Naturstoffe Hirzel Verlag Stuttgart
- Methodenbuch Band III Die Untersuchung von Futtermitteln Neumann Verl.  
Radebeul und Berlin 1948