



## **DIE VERDAUUNG**

### **Schlüter Arbeitskit mit Enzymen**

#### **Enzyme bei +4° kühl lagern**

Alle in diesem Kit enthaltenen Materialien können nachbestellt werden.

**Inhalt:** in kleinen Portionen, abgemessen zum Kit: Stärke, Glucose, Casein, Pepsin  
Pankreatin, Ochsengalle  
Speisegelatine  
Lugolsche Lösung, 50 ml

Salzsäure, 100 ml
Speiseöl, 50 ml
$\alpha$ -Amylase-Pulver, 5 g
Natronlauge, verdünnt, 100 ml
Phenolphthalein Indikator, für die Herstellung einer Lösung in 80 % Methanol, 50 ml
1 Mikrospatellöffel
Verbandswatte

**Achtung!** Für diese Versuche benötigen Sie zusätzlich kleinere Mengen der **Fehlingschen Lösungen I und II**. Da besonderes Gefahrgut, wurden sie dem Kit nicht beigegeben. Verwenden Sie deshalb diese Lösungen aus dem Vorrat der Schule.

**Einführung:** Ein wesentlicher Teil unserer Nahrung besteht aus wasserunlöslichen Großmolekülen (Makromoleküle). Bei der Verdauung werden sie durch Hydrolyse (d.h. unter Beteiligung von Wasser) in niedermolekulare, weitgehend wasserlösliche Verbindungen abgebaut. Sie können dann von der Darmwand resorbiert und durch Blut- und Lymphbahnen im Körper weiter transportiert werden. Mit dem Abbau verlieren die Nährstoffe, besonders das Eiweiß, außerdem ihre spezifische Struktur, so dass kein artfremdes Eiweiß in die Blutbahn gelangt.

Bei der Verdauung werden

- Eiweißstoffe zu Aminosäuren
- Kohlenhydrate zu Monosacchariden
- Fette zu Glycerin und Fettsäuren

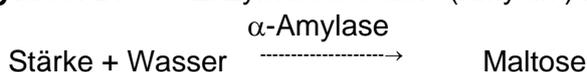
abgebaut. Meist erfolgt dieser Abbau nicht direkt, sondern verläuft über Zwischenstufen unter Beteiligung mehrerer, sich ergänzender Enzyme.

Vitamine, die meisten anorganischen Ionen und Wasser werden in unveränderter Form vom Körper aufgenommen.

In den Drüsen der Verdauungsorgane bilden sich die Verdauungssäfte. Als wirksame Bestandteile erhalten diese Verdauungssäfte Enzyme.

In dem Kit „Die Verdauung“ werden folgende Enzyme verwendet:  $\alpha$ -Amylase, Pepsin und Pankreatin.

**$\alpha$ -Amylase.** Dieses Enzym baut Stärke (Amylum) zu Malzzucker (Maltose) ab:



Das Enzym greift im mittleren Bereich des Stärkemoleküls an, so dass zunächst größere Bruchstücke (Dextrine) entstehen. Diese haben allerdings nur kurzen Bestand. Aus ihnen bildet sich dann sehr rasch der Doppelzucker (Disaccharid) Maltose (Malzzucker). Im Körper befindet sich die Amylase insbesondere im Mund- und im Bauchspeichel.

**Pepsin** ist ein Hauptbestandteil des Magensaftes. In Form einer Vorstufe - dem Pepsinogen - wird es von den Hauptzellen des Magenfundus gebildet. Die Funduszellen geben das Pepsinogen an den Magenraum ab. Unter dem Einfluss der Magensäure erfolgt dann die Aktivierung des Pepsinogens zum wirksamen Enzym Pepsin: Im sauren Milieu findet eine Spaltung des Pepsinogens in Pepsin und in einige Peptide statt. Eines der abgespaltenen Peptide spielt die Rolle eines Inhibitors. Bei neutraler Reaktion des

Verdauungssaftes lagert es sich an das Pepsin an und blockiert so seine Wirksamkeit. Im sauren pH-Bereich spaltet sich jedoch der Pepsin-Inhibitor-Komplex. Das Pepsin kann jetzt seine Enzymwirkung entfalten.

Pepsin greift die Eiweißmoleküle im Bereich der Aminosäuren Tyrosin und Phenylalanin an. Daher werden lediglich ca. 10 % der Peptidbindungen eines Eiweißmoleküls gespalten. Bei diesem Vorgang entsteht ein Gemisch von Peptiden verschiedener Kettenlänge (Molekülmasse ca. 600 - 3000), sowie eine geringe Menge von Aminosäuren.

**Pankreatin.** Dieses Präparat enthält die Enzyme des Bauchspeichels, deren pH-Optima im neutralen bis schwach alkalischen Bereich liegen. Als wesentliche Bestandteile enthält Pankreatin

$\alpha$  - Amylase: spaltet Stärke (s.o.)

Proteasen: Enzyme, die Eiweiß schließlich bis zur Aminosäurestufe abbauen  
Eiweiß + Wasser - - - - -> Aminosäuren

Lipasen: spalten Fette in Fettsäuren und Glycerin  
Fett + Wasser - - - - -> Fettsäuren + Glycerin

Die meisten der beschriebenen Experimente sind Reagenzglas-Versuche, welche ohne großen apparativen Aufwand zu bewältigen sind. Die Benützung eines Wärmeschrankes (Temperatur 37° C) erweist sich zwar in manchen Fällen als günstig, ist jedoch keineswegs unbedingt erforderlich. Ferner kann auf die Verwendung einer Waage verzichtet werden, sofern beachtet wird, dass bei Vergleichsuntersuchungen jeweils dieselben Substanzmengen zur Verwendung kommen. Der Mengenhinweis „Löffelstielspitze“ bezieht sich auf den mitgelieferten Mikrospatellöffel. Es ist etwa die Stoffmenge, die auf den letzten 2 cm des Stielendes Platz findet.

Es wurden nur solche Experimente in die folgenden Beschreibungen aufgenommen, die relativ rasch ablaufen und sich daher für Demonstrationsversuche gut eignen. Dennoch ist es unvermeidbar, dass ein Ergebnis - besonders bei der Eiweißverdauung - oft erst nach einer oder mehreren Stunden (bei Verwendung von Hühnerei-Eiweiß) auch erst nach 1 - 2 Tagen zu beobachten ist.

Hinweis zur Aufbewahrung der Enzyme: Die Enzympräparate halten sich bei trockener Lagerung im Kühlschrank (+4° C) mehrere Jahre ohne wesentlichen Aktivitätsverlust.

## **Fett-Verdauung**

### Materialien:

Speiseöl

Pankreatin

verd. Natronlauge

Phenolphthalein-Lösung

Reagenzgläser

Bechergläser,

1 Erlenmeyerkolben mit passendem Stopfen 300 ml (oder größer),

Meßpipette (z.B. 5 ml).

### **Vorbereitung:**

- I. Füllen Sie 2 Reagenzgläser mit jeweils derselben Wassermenge (ca. 5 ml). In eines dieser Reagenzgläser geben Sie ca. 60 mg (1 „Löffelstielspitze“) Pankreatin und schwemmen es unter Schütteln auf.
- II. Ca. 200 ml Wasser werden zusammen mit ca. 2 ml Speiseöl in einem verschlossenen Erlenmeyerkolben kräftig geschüttelt (oder mit einem Dispergiergerät behandelt), bis eine milchtrübe Flüssigkeit entsteht. Zu dieser Emulsion fügen Sie unter Umschwenken 5 Tropfen der verdünnten Natronlauge sowie 5 Tropfen Phenolphthaleinlösung hinzu. Die Flüssigkeit ist jetzt rosa gefärbt.

**Durchführung:** Die Fettemulsion (II) wird gleichmäßig auf 2 Bechergläser verteilt. In eines der Bechergläser geben Sie die Pankreatin-Aufschwemmung (I). Als Vergleich fügen Sie zum 2. Becherglas lediglich die gleiche Menge Wasser hinzu.

**Beobachtung:** Nach kurzer Zeit hat sich der Inhalt des 1. Becherglases entfärbt, während im 2. Becherglas keine Veränderung zu beobachten ist.

**Erklärung:** Pankreatin enthält das Enzym Lipase, welches Fett abbaut. Die dabei entstehenden freien Fettsäuren neutralisieren die Natronlauge. Im neutralen und sauren Bereich ist Phenolphthalein farblos.

## **Wirkung des Gallensaftes**

### Materialien:

Speiseöl  
getr. Ochsen-galle  
2 Reagenzgläser  
2 flache Schalen (z.B. Petrischalen)  
Pipette

**Vorbereitung und Durchführung:** 2 Reagenzgläser je zur Hälfte mit Wasser füllen und je 3 Tropfen Speiseöl hinzufügen. In eines der beiden Reagenzgläser geben Sie außerdem noch 1 Löffelstielspitze (ca. 50 mg) getrocknete Ochsen-galle. Verschließen Sie die Reagenzgläser, schütteln Sie diese und gießen Sie den Inhalt jeweils in eine flache Schale. Vergleichen Sie den Durchmesser der sich bildenden „Fettaugen“.

**Beobachtung:** Der Zusatz von Ochsen-galle bewirkt, dass kleinere Fettaugen entstehen.

**Erklärung:** Ochsen-galle emulgiert Fette. Sie bewirkt, dass sich die wasserunlöslichen Fette in Wasser besser verteilen. Dies führt zu einer größeren Zahl von Fett-Tröpfchen. Durch die damit erzielte Oberflächenvergrößerung bietet sich der Lipase eine größere Angriffsfläche.

## **Fett-Verdauung unter Mitwirkung von Gallensaft**

### Materialien:

Speiseöl  
Pankreatin  
getrocknete Ochsen-galle  
verdünnte Natronlauge  
Phenolphthalein-Lösung  
Reagenzgläser  
Messpipette

### **Vorbereitung:**

- I. Gallenflüssigkeit: 5 „Löffelstielspitzen“ (ca. 250 mg), getr. Ochsen-galle in 10 ml Wasser auflösen. Lösung in 2 gleiche Portionen teilen.
- II. Pankreatinlösung: 5 „Löffelstielspitzen“ (ca. 300 mg) Pankreatin in 10 ml Wasser auflösen. Lösung in 2 gleiche Proben teilen.

**Durchführung:** In 3 Reagenzgläser geben Sie je 1 ml Speiseöl und 5 Tropfen Phenolphthalein-Lösung. Dann wird folgendes zugegeben:

1. Reagenzglas: 5 ml Pankreatinlösung + 5 ml Wasser
2. Reagenzglas: 5 ml Gallenflüssigkeit + 5 ml Wasser
3. Reagenzglas: 5 ml Gallenflüssigkeit + 5 ml Pankreatin-Lösung

Reagenzglasinhalt jeweils durch kurzes Schütteln mischen und tropfenweise in der angegebenen Reihenfolge soviel verdünnte Natronlauge zugeben, bis die Inhalte aller Reagenzgläser weitgehend denselben Farbton aufweisen.

Hinweis: Da der Gallensaft eine starke Eigenfärbung aufweist, lässt sich zwar keine völlige Übereinstimmung im Farbton erreichen, das Versuchsergebnis ist aber trotzdem deutlich erkennbar.

Durch Einstellen der Reagenzgläser in ein Wasserbad (40° C) kann - falls notwendig - der Reaktionsablauf beschleunigt werden.

**Beobachtung:**

1. Reagenzglas: langsame Entfärbung
2. Reagenzglas: keine Veränderung
3. Reagenzglas: rasche Entfärbung

**Erklärung:** Pankreatin enthält das Enzym Lipase, welches Fett abbaut. Durch die dabei entstehenden freien Fettsäuren, wird die Natronlauge neutralisiert. Im alkalischen Bereich ist Phenolphthalein rot, im neutralen und sauren Bereich aber farblos. Unter Mitwirkung von Galle verteilt sich das Fett feiner in Wasser als ohne Gallenzusatz. Galle bewirkt also eine Oberflächenvergrößerung bei den Öltröpfchen, dadurch wird die Enzymeinwirkung und damit die Reaktionsgeschwindigkeit begünstigt.

**Vorversuche zur Verdauung der Kohlenhydrate:  
Nachweis von Stärke und Glucose (Traubenzucker)**

Materialien:

Stärke

Glucose

Lugolsche-Lösung (Jod-Kaliumjodid-Lösung) (aus dem Schulvorrat. Da Gefahrgut dem Kit nicht beigegeben)

Fehlingsche Lösungen I und II.

**Vorbereitung zu Vorversuchen:**

- I. Stellen Sie eine Stärkelösung her, indem Sie ein Reagenzglas etwa zu einem Drittel mit Wasser füllen und eine Löffelstielspitze ca. 10 mg Stärke zugeben. Die Aufschwemmung wird vorsichtig über der Bunsen- oder Spiritusflamme erwärmt, bis eine klare Lösung entstanden ist. Anschließend kühlt man die Lösung wieder unter fließendem Wasser ab.
- II. Herstellung einer Glucose-Lösung: Reagenzglas zu etwa einem Drittel mit Wasser füllen und etwa 2 Löffelstielspitzen Glucose darin auflösen.
- III. Zubereitung der gebrauchsfertigen Fehlingschen-Lösung (Schulvorrat): in einem Reagenzglas mischen Sie zu gleichen Teilen je einige ml von den Fehlingschen-Lösungen I und II. Es entsteht ein dunkelblauer Kupferkomplex.

**Bitte beachten:** getrennt aufbewahrt sind die Fehlingschen-Lösungen I und II jahrelang haltbar. Die gebrauchsfertige Lösung verändert sich dagegen ziemlich rasch und muss vor Gebrauch jeweils frisch angesetzt werden.

**Stärke-Nachweis:**

**Durchführung:** Versetzen Sie die Hälfte der Stärkelösung mit einigen Tropfen Lugolsche Lösung. Beobachtung? Erwärmen Sie anschließend die Lösung und kühlen Sie diese später wieder ab.

**Beobachtung:** Je nach dem Stärkegehalt der Lösung entsteht eine blaue oder blauschwarze Färbung. Beim Erwärmen verschwindet die Färbung und erscheint wieder beim Abkühlen.

**Erklärung:** Stärkemoleküle besitzen schraubenförmige Sekundärstruktur. In das Innere der Schraube kann sich z.B. Jod einlagern (Einschlußverbindung). Die Verbindung ist instabil und zerfällt beim Erhitzen.

## Glucose-Nachweis

**Durchführung:** Versetzen Sie die Hälfte der Glucose-Lösung mit 2 - 3 ml gebrauchsfertiger Fehlingscher-Lösung. Anschließend wird die Probe im heißen Wasserbad oder über der Flamme (langsam und unter Umschütteln) erwärmt.

**Vorsicht!** Die Fehlingsche-Lösung II enthält stark ätzende Natronlauge. Bei raschem Erhitzen im engen Reaktionsglas stößt diese leicht auf und spritzt. Reagenzglasöffnung nicht auf Personen richten!

**Beobachtung:** Es zeigt sich zunächst eine gelbe Trübung. Die Farbe verändert sich dann über orange nach rot.

**Erklärung:** Glucose besitzt eine Aldehydgruppe, welche die blaue  $\text{Cu}^{2+}$  - Verbindung zu roten  $\text{Cu}_2\text{O}$  reduziert. Die gleiche Reaktion zeigen auch Fructose (Fruchtzucker), Maltose (Malzzucker) und Lactose (Milchzucker), nicht hingegen Saccarose (Rohrzucker).

**Kontrollversuche:** Führen Sie den Stärkenachweis mit der restlichen Glucoselösung und den Glucosenachweis mit der noch verbliebenen Stärkelösung durch.

Beobachtung: keine Reaktion erkennbar.

## Stärkeabbau durch Amylase

Materialien:

Stärke

$\alpha$ -Amylase

Pankreatin

Glasstab

flache Schale (z.B. Petrischale)

Watte

Schreibpapier (3 Stücke beliebiger Größe z.B. 10 x 5 cm).

### Vorbereitung:

- I. Stärkelösung: zu ca. 10 ml Wasser 1 „Löffelstielspitze“ (ca. 100 mg) Stärke zugeben und solange erhitzen, bis eine klare Lösung entsteht.
- II. Amylaselösung: 1 „Löffelstielspitze“ (ca. 100 mg)  $\alpha$ -Amylase zu ca. 5 ml Wasser geben, schütteln.
- III. Pankreatinlösung: 1 „Löffelstielspitze“ (ca. 60 mg) Pankreatin in 5 ml Wasser lösen (schütteln)
- IV: Verdünnte Lugolsche Lösung: 1 - 2 ml Lugolsche Lösung mit ca. 10 ml Wasser verdünnen und in eine flache Schale (Petrischale) ausgießen.

**Durchführung:** Befeuchten Sie einen Wattebausch mit Stärkelösung (I) und bestreichen Sie damit einseitig 3 Schreibpapierstücke. Stärkelösung leicht antrocknen lassen. Mit einem Glasstab (Holzstab, Fingerspitzen) übertragen Sie dann einen Tropfen der Amylaselösung (unverändert oder verdünnt verwenden) (II) auf die präparierte Papieroberfläche und verstreichen ihn zu einer beliebigen Figur. Nachdem die Amylaselösung einige Sekunden einwirken konnte, tauchen Sie das Papier kurz (!) in die verdünnte Lugolsche Lösung (IV). Wiederholen Sie den Versuch in gleicher Weise, doch verwenden Sie statt der Amylaselösung eine Pankreatinlösung (III) oder einen Tropfen Mundspeichel.

**Beobachtung:** Die mit Stärke behandelte Papieroberfläche färbt sich blau (Jodstärke-Reaktion). An den Stellen allerdings, wo Amylase, Pankreatin oder Mundspeichel einwirken konnte, ist nur noch wenig oder gar keine Stärke mehr nachweisbar.

**Erklärung:** Amylase baut Stärke ab. Da Pankreatin u.a. auch Amylase enthält, ist dieselbe Wirkung zu beobachten. Dies trifft ebenfalls für den Mundspeichel zu.

**Versuchsvariante:** Sie können den vorherigen Versuch auch leicht im Reagenzglas durchführen:  
Zur Stärkelösung (I) fügen Sie 2 ml Amylase- bzw. Pankreatinlösung (II bzw. III) oder Mundspeichel hinzu. Schütteln! In kurzen Zeitabständen entnehmen Sie mit Hilfe eines Glasstabs mehrfach eine Probe ( 1 - 2 Tropfen genügen) und versetzen diese auf einer Glasplatte mit 1 Tropfen Lugolscher Lösung. Im Verlauf einiger Minuten wird die Jodstärke-Reaktion zunehmend schwächer, bis sie schließlich ganz ausbleibt. Dies zeigt den völligen Abbau der Stärke an.

## **Nachweis der Stärke-Abbauprodukte**

### Materialien:

Stärke

$\alpha$ -Amylase

Pankreatin

Fehlingsche Lösung I und II

Reagenzgläser

### **Vorbereitung:**

I. Stärkelösung: s. Vorversuche Nr. 1 (Seite 5)

II. Pankreatinlösung: 1 „Löffelstielspitze“ Pankreatin in ca. 5 ml Wasser lösen.

III. Fehling-Reagenz: s. Vorversuch Nr. III (Seite 4).

**Durchführung:** Stärkelösung (I) mit 1 - 2 ml Pankreatinlösung bzw. Mundspeichel oder 1 Tropfen  $\alpha$ -Amylase-Lösung versetzen und wenige Minuten einwirken lassen. Anschließend Fehlingsche Probe durchführen (siehe Glukosenachweis Seite 4).

**Beobachtung:** Die Fehling-Probe fällt positiv aus.

**Erklärung:** Reine Stärkelösung reduziert das Fehlingsche Reagenz nicht (vgl. Kontrollversuche Seite 5). Unter dem Einfluss von Amylase wird Stärke zu Maltose (Malzzucker) abgebaut, der die typische Fehlingsche-Reaktion hervorruft.

**Hinweis:** Um zu zeigen, dass die Pankreatinpräparate frei von Zucker sind, kann man mit dem verbleibenden Rest der Lösungen noch die Fehlingsche-Probe durchführen. Sie dürfen das Reagenz nicht typisch verändern.

## **Eiweiß-Verdauung. Die Eiweiß-Verdauung durch Pepsin.** (Sie findet im Magen statt).

### Materialien:

Gelatine

Casein

evtl. 1 hartgekochtes Hühnerei

verdünnte Salzsäure

Reagenzgläser

kl. Becherglas

Messpipette

Pipettierhilfe

**Hinweis:** Gelatine ist ein Eiweißstoff (MG zwischen 40.000 und 100.000) der aus dem Kollagen von Knochen gewonnen wird. Casein ist der wichtigste Eiweißbestandteil der Milch. Es stellt ein Gemisch verschiedener Proteine dar. In reinem Wasser sowie im sauren pH-Bereich ist es unlöslich. Löslich dagegen ist es in Alkalien.

### **Vorbereitung:**

I. In ein Reagenzglas 10 ml Wasser einfüllen, 3 „Löffelstielspitzen“ Pepsin zugeben und durch leichtes Schütteln in Lösung bringen. Wir erhalten eine 1-2%-ige Pepsin-Lösung

- II. 3 ml verdünnte Salzsäure in ein kleines Becherglas einpipettieren (**ätzend! Pipettierhilfe verwenden!**) und 30 ml Wasser hinzufügen. Wir erhalten eine verdünnte Salzsäure, deren Konzentration etwa der menschlichen Magensäure entspricht.

**Durchführung:** In 5 Reagenzgläser werden zunächst je 1 rechteckiges (ca. 1 x 3 cm) Stück Gelatine gegeben. Statt mit Gelatine kann der Versuch auch mit Casein durchgeführt werden. Pro Reagenzglas 2 „Löffelstielspitzen“ Casein. Sehr geeignet für Eiweiß-Verdauungsversuche ist auch das geronnene Eiklar eines gekochten Hühnereis. Davon geben Sie in jedes Reagenzglas ein etwa erbsengroßes Stück. Die Reagenzgläser werden folgendermaßen beschickt:

1. Reagenzglas: 10 ml Wasser + 2 ml Wasser zum Vergleich
2. Reagenzglas: 10 ml verd. Salzsäure (II) und 2 ml Wasser
3. Reagenzglas: 10 ml Wasser + 2 ml Pepsinlösung (I)
4. Reagenzglas: 10 ml verd. Salzsäure (II) + 2 ml Pepsinlösung (II)
5. Reagenzglas: wie 4., jedoch Pepsinlösung (I) vor Zugabe gründlich kochen.

Wenn die Versuchsansätze bei Zimmertemperatur stehen gelassen werden kann man die Auswertung der Gelatine- und Casein-Versuche schon nach etwa 30 - 60 Minuten vornehmen. Bei Verwendung des Hühnerei-Eiweiß dauert es dagegen ca. 1 - 2 Tage, ehe die Verdauungswirkung des Pepsins deutlich zu sehen ist.

Mit Hilfe eines Wärmeschrankes oder eines Wasserbades (37° C) vermögen Sie die Casein- bzw. Hühnerei-Eiweiß-Verdauung allerdings wesentlich zu beschleunigen. Für Gelatine-Verdauung eignet sich dieses Verfahren nicht, weil sich Gelatine in warmem Wasser auflöst.

#### **Beobachtung:**

1. Reagenzglas: keine Veränderung. Nach einigen Tagen tritt - insbesondere bei Verwendung von Hühnereiweiß - Fäulnis auf (Geruch!)
2. Reagenzglas: Selbst nach Tagen oder Wochen erfolgt keine Änderung.
3. Reagenzglas: wie bei 1.
4. Reagenzglas: Gelatine zeigt schon nach kurzer Zeit „Auflösungserscheinungen“ - zunächst indirekt zu erkennen an einer Rotfärbung des ganzen Reagenzglasinhaltes. Nach 30 - 60 Minuten ist die Gelatine „verschwunden“. Das Casein wird zwar nicht vollständig abgebaut, doch ist im Vergleich zu Reagenzglas 2 eine deutliche Abnahme der ungelösten Caseinmenge festzustellen. Besonders gut ist der Unterschied zu sehen, wenn dazu der Reagenzglasinhalt durch Schütteln aufgewirbelt wird und die vergleichende Beobachtung im durchfallenden Licht erfolgt. Hühnereiweiß wurde weitgehend abgebaut.
5. Reagenzglas: wie bei 2.

#### **Erklärung:**

1. Reagenzglas: Wasserunlösliche Eiweiße verändern sich zunächst nicht. Nach einigen Tagen zeigt sich bakterieller Abbau (Fäulnis).
2. Reagenzglas: Verdünnte Salzsäure allein vermag Eiweiß nicht zu verdauen. Es wirkt jedoch desinfizierend, so dass Fäulnis unterbleibt.
3. Reagenzglas: Pepsin allein kann Eiweiß nicht abbauen. Da die desinfizierende Salzsäure fehlt, tritt nach einigen Tagen bakterieller Abbau auf (Fäulnis).
4. Reagenzglas: In Gegenwart von verd. Salzsäure kann Pepsin Eiweiß verdauen.
5. Reagenzglas: Kochen zerstört die Enzymstruktur. Das Enzym wird dadurch unwirksam.

#### **Temperaturabhängigkeit von Verdauungsprozessen**

Die Abhängigkeit der Verdauungsprozesse von der Tagestemperatur lässt sich mit dem Eiweiß-Verdauungsversuch zeigen. Dazu werden 3 Reagenzgläser mit dem Versuchsansatz Nr. 4 beschickt und dann bei verschiedenen Temperaturen gehalten (Kühlschrank, Zimmertemperatur, 37° C). Entsprechend

der RGT-Regel erfolgt bei höherer Temperatur ein rascher Abbau des Eiweißes als bei niedriger. Das Temperaturoptimum für die Wirksamkeit von Pepsin liegt bei 37° C.

Anmerkung: Als Eiweiß sollte Hühnerei-Eiweiß Verwendung finden.

## Eiweiß-Verdauung durch Pankreatin

Pankreatin enthält u.a. auch eiweißspaltende Enzyme, die im Darm bei neutraler bis schwach alkalischer Reaktion wirksam sind.

### Materialien:

Gelatine  
evtl. 1 hartgekochtes Hühnerei  
verdünnte Natronlauge  
Reagenzgläser  
Pipette

### **Vorbereitung:**

1. Pankreatin-Lösung: 10 ml Wasser mit 1 „Löffelstielspitze“ (ca. 60 mg) Pankreatin versetzen und durch leichtes Schütteln weitgehend in die Lösung bringen.
2. 2 Gelatine-Stückchen ausschneiden (ca. 1 x 3 cm) oder 2 erbsengroße Stückchen Hühnerei-Eiweiß zuschneiden.

**Durchführung:** Setzen Sie die folgenden Reagenzglasversuche an:

1. Reagenzglas. 10 ml Pankreatin-Lösung mit 2 Tropfen verd. Natronlauge (**Vorsicht, ätzend!**) versetzen und 1 Gelatine-Stückchen zugeben.
2. Reagenzglas: 10 ml Wasser mit 1 Tropfen verd. Natronlauge versetzen und 1 Gelatine-Stückchen zugeben (Vergleichsansatz).

Auswertung nach ca. 1 - 2 Stunden. Der Versuch gelingt nur bei Zimmertemperatur. Beim Erwärmen löst sich Gelatine auf, was zu Fehlschlüssen führen kann.

Statt Gelatine empfiehlt sich auch die Verwendung von gekochtem Hühnerei-Eiweiß in Form erbsengroßer Stückchen. Die Auswertung erfolgt bei Zimmertemperatur nach 1 - 2 Tagen. Durch Temperaturerhöhung auf ca. 40° C (Wasserbad, Wärmeschrank) kann der Versuchsablauf beschleunigt werden.

### **Beobachtung:**

1. Reagenzglas: Wie bei der Pepsinbehandlung zeigt Gelatine auch unter Einwirkung von Pankreatin nach kurzer Zeit „Auflösungserscheinungen“. Zunächst ist dies indirekt an der zunehmenden Rotfärbung des Reagenzglasinhalts zu erkennen. Nach etwa 1 Stunde ist schon ein großer Teil der Gelatine abgebaut worden. Bei Verwendung von Hühnerei als Eiweißquelle dauert der Abbau wesentlich länger.
2. Reagenzglas: Dieser Versuchsansatz dient als Kontrolle. Auch nach längerer Zeit ist keine Veränderung zu beobachten. Nach einigen Tagen beginnt dann der Reagenzglasinhalt zu faulen.

### **Erklärung:**

1. Reagenzglas: Im schwach alkalischen Bereich bauen proteolytische Enzyme das Eiweiß bis zur Stufe der Aminosäuren ab.
2. Reagenzglas: Eine schwach alkalische Lösung vermag allein keinen Eiweißabbau durchzuführen.

