

## C3 Wie zerlegt die menschliche Verdauung Fette? – Verseifung von Speiseöl

### 1 Wir emulgieren Öl

#### 1.5 Auswertung

- a) Durch Zusatz welcher Stoffe lassen sich Öl und Wasser dauerhaft mischen?

**Hinweis:** Da Öle und Fette allgemein wasserabstoßend (hydrophob) sind, lassen sie sich ohne Hilfsmittel gar nicht mit Wasser mischen. Jede mechanisch durch Rühren hergestellte Wasser-Öl-Emulsion entmischt sich nach einiger Zeit wieder. Es ist also ein Emulgator bzw. ein Tensid nötig, um eine stabilisierte Mischung zu erstellen.

- b) Erläutere die Wirkung dieser Zusatzstoffe.

**Hinweis:** Grund für die Wirkung der Emulgatoren sind die in beiden Flüssigkeiten vorherrschenden Kräfte, die den Zusammenhalt der Moleküle untereinander bewirken. Im polaren Wasser sind es Wasserstoffbrückenbindungen, im relativ unpolaren Fett sind es van-der-Waals-Kräfte. Die Emulgator-Moleküle haben dagegen ein polares (hydrophiles) und ein unpolares (hydrophobes) Ende und können an beiden Stoffen Wasser und Öl „andocken“. So umhüllen sie die im Wasser schwebenden Öltröpfchen.

#### 1.6 Fragen

- a) Zu welcher Stoffgruppe gehört das Speiseöl, das du in diesem Versuch verwendet hast?

**Antwort:** Das Speiseöl gehört zu den Fetten oder Lipiden. Es ist der einzige Stoff aus dem Bereich der Nährstoffe, der vollkommen wasserunlöslich ist.

- b) Erläutere, welche chemische Zusammensetzung Öle haben.

**Antwort:** Speisefette in fester oder flüssiger Form („Öle“) sind Lipide, d. h. Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin mit Fettsäuren. Das bedeutet, dass ein Fett durch eine Veresterung von Glycerin mit drei Fettsäuremolekülen entsteht. Die Säuregruppen (COOH) der Fettsäuremoleküle gehen an den drei OH-Gruppen des Glycerins unter Abspaltung von Wasser eine chemische Bindung ein. Die Fettsäuren können alle drei verschieden sein oder auch gleich. Jede unterschiedliche Kombination von Fettsäuren ergibt ein anderes Fett. Je nach der Länge der Fettsäuremoleküle ergeben sich feste oder flüssige Fette (Öle) (siehe auch Lehreranleitung).

- c) Nenne andere Vertreter dieser Stoffgruppe.

**Antwort:** Schweineschmalz, Tran, Palmfett, Erdnussöl, Sonnenblumenöl, Olivenöl, Rizinusöl usw.

- d) Das Experiment zeigt dir ein wichtiges Prinzip, wie sich zwei Stoffe miteinander mischen lassen. Wo findest du das Prinzip im menschlichen Körper wieder?

**Antwort:** Im menschlichen Körper findet man das Prinzip bei der Fettverdauung wieder. Die Fettverdauung beginnt im Magen. Hier werden die Fette durch die Muskelbewegung mechanisch in Tröpfchen bis zu einem Durchmesser von 0,5 – 2 µm zerkleinert. An diesen Tröpfchen können nun fettspaltende Enzyme, die Lipasen, angreifen und das Fett in seine Bestandteile – die langkettigen Fettsäuren und das Glycerin – zerlegen. Im Magen werden so ca. 15 – 30 % der Fette verdaut.

Sobald der Speisebrei den Zwölffingerdarm erreicht, übernehmen Bauspeicheldrüse und Gallenblase eine zentrale Funktion bei der weiteren Fettverdauung: Die Gallenwirkstoffe sorgen für feinste Emulgierung und die Lipasen lagern sich an die Fetttröpfchen an, sodass sich sog. Mizellen bilden. Diese sind so klein (max. 50 nm), dass sie sich an die Mikrovilli der Darmsaummembran anlagern können.

Die Erzeugung der Mizellen ist dem Prozess, der im Experiment zu sehen war, ähnlich. Wenn nur sehr wenig Tensid in die Lösung gegeben wird, entstehen relativ große Öltröpfchen. Gibt man genug Tensid dazu und schüttelt gut, werden die Fetttröpfchen so klein, dass sie vom Auge nicht mehr erkannt werden können.

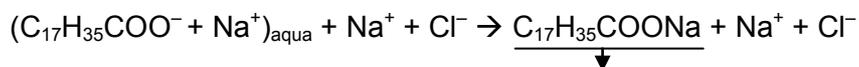
## 2 Verseifung von Speiseöl

### 2.5 Auswertung

- b) Formuliere Reaktionsgleichungen für die oben durchgeführten Arbeitsschritte.

**Hinweis:** Gemeint sind Emulgieren, Verseifen, Aussalzen. Das rein mechanische Emulgieren ist strenggenommen keine chemische Reaktion, für die man eine Reaktionsgleichung aufstellen könnte. Die Reaktionsgleichung für die Verseifung findet man in der Lehreranleitung zum Experiment.

Für das Aussalzen (zum Beispiel mit Stearinsäure) könnte nachfolgende Gleichung aufgestellt werden.



- c) Erkläre die Wirkung des Kochsalzes.

**Hinweis:** Die von uns hergestellte Seife besteht aus Natriumsalzen der Fettsäuren. Diese besitzen, zumal bei höheren Temperaturen, eine gewisse Löslichkeit in Wasser. Im Vergleich zu Kochsalz ist diese aber gering. Wird nun ein weiteres gutlösliches Natrium Salz (in unserem Fall Kochsalz) dazu gegeben, steigt die Natriumionenkonzentration in der wässrigen Lösung. Nach dem Massenwirkungsgesetz stellt sich nun ein neues Gleichgewicht ein. Ein Teil der Natriumionen fällt nun in Form der schlechter wasserlöslichen Fettsäuresalze aus.

## 2.6 Fragen

- a) Informiere dich über die Seifenherstellung in der Vergangenheit und heute.

**Antwort:** Falls Internet-Anschluss vorhanden ist, können die Schülerinnen und Schüler die Links verwenden, die in der Linkliste zum Experiment auf dem Medienportal der Siemens Stiftung vorhanden sind.

- b) Welche chemischen Reaktionen liegen der Seifenherstellung zugrunde?

**Antwort:** Der erste Schritt ist das Emulgieren des Fettes bzw. Öls in einer stark alkalischen Lösung. Dies ist streng genommen noch keine chemische Reaktion.

Der zweite Schritt ist eine basische Esterhydrolyse (siehe dazu Reaktionsgleichung in der Lehreranleitung).

Der dritte Schritt ist das Aussalzen (siehe unter 2.5 „Erkläre die Wirkung des Kochsalzes“).

- c) Welche Bedeutung hat die zugrunde liegende Reaktion für den menschlichen Stoffwechsel?

**Antwort:** Eine Hydrolyse der Fettsäureester findet auch bei der Verdauung statt. Doch im Unterschied zur Verseifung handelt es sich hierbei um keine alkalische Hydrolyse bei hohen Temperaturen. Bei der Fettverdauung findet bei Körpertemperatur eine enzymatische (biokatalytische) Hydrolyse statt. Im Magen beginnt diese Fettsäureesterhydrolyse bei stark sauren Werten von pH 1,0 – 3,0 und wird dann im Zwölffingerdarm und Dünndarm bei schwach basischen Werten bis zu pH 8,3 vollendet. Im Detail sind die Verdauungsschritte schon oben unter 1.6 d) beschrieben. In der Lehreranleitung findet man eine Grafik zur Fettaufnahme im Dünndarm.