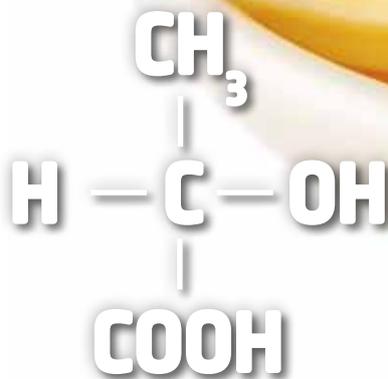


Dem Geschmack auf der Spur

Der sahnige Geschmack von Butter ist einzigartig. Unvergleichlich sind das Zusammenspiel der Aromen und das cremige Mundgefühl. Wir stellen einzelne bekannte Komponenten vor.



Bis heute sind nicht alle Geschmackskomponenten der Butter vollständig entschlüsselt.

SACHINFORMATION

BUTTERSORTEN

Das Milchprodukt Butter wird aus Rahm, sprich Sahne, gewonnen. Die wichtigsten Buttersorten sind Sauerrahmbutter (pH-Wert < 5,1), mildgesäuerte Butter (pH-Wert zwischen 5,1 und 6,3) und Süßrahmbutter (pH-Wert > 6,4). Viele Butteraromen liegen schon in der Milch vor. Darüber hinaus bilden sich weitere Geschmacksstoffe bei der Verarbeitung.

VON DER MILCH ZUM REIFUNGSRAHM

Butter besteht hauptsächlich aus Milchfett. Dessen Anteil in der Rohmilch beträgt etwa vier Prozent. Für ein Kilogramm Butter benötigt man 22 bis 25 Liter Milch. Nach der Eingangskontrolle in der Molkerei wird die Milch in einer Zentrifuge (Separator) geschleudert. Weil die Bestandteile der Milch eine unterschiedliche Dichte besitzen, trennen sie sich auf: in Magermilch und Rahm mit ungefähr 40 Prozent Fett. Der gewonnene Rahm wird kurz und schonend auf mindestens 85 Grad Celsius erhitzt (pasteurisiert). Das inaktiviert

Keime und Enzyme und verhindert, dass unerwünschte Aromen entstehen. Anschließend muss der Rahm 7 bis 20 Stunden lang reifen. Während dieser Zeit wird die Temperatur gezielt erhöht und gesenkt. Das genaue Verfahren unterscheidet sich je nach Buttersorte. Für Sauerrahmbutter werden in dieser Phase Milchsäurebakterien zugesetzt.

DAS EIGENTLICHE BUTTERN

Der gereifte Rahm kommt in den Butterfertiger. Dieses Gerät schlägt den Rahm wie eine übergroße Küchenmaschine. Dadurch verbinden sich die vielen kleinen Fettkügelchen des Milchfetts (Agglomeration). Es bilden sich Klumpen, die sogenannten Butterkörner, und eine wässrige Phase, die Buttermilch. Diese wird getrennt weiterverarbeitet. Das anschließende Kneten der Butterkörner verteilt das restliche Wasser sehr fein im Fett, macht die Masse geschmeidig und geschmacklich frischer. Die Herstellung von Butter ist chemisch betrachtet eine Phasenumkehr: Aus der Öl-in-Wasser-Emulsion „Milch“ entsteht die Wasser-in-Öl-Emulsion „Butter“. Der Fettanteil der fertigen Butter beträgt mindestens 82 Prozent.

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Chemie, Biologie

Die Schülerinnen und Schüler

- » verkosten mehrere Buttersorten;
- » besprechen den Ablauf der Butterherstellung;
- » erarbeiten sich einen Überblick über die komplexen Vorgänge der Aromenbildung;
- » zeichnen Strukturformeln;
- » leiten her, wie die Fettsäuren die Fetteigenschaften beeinflussen.

DIE CHEMIE DES MILCHFETTS

Milchfett besteht aus Triglyceriden, die aus je einem Glycerinmolekül als Grundbaustein und drei anhängenden Fettsäuren (Esterbindung) aufgebaut sind. Die Fettsäuren sind Carbonsäuren mit unterschiedlich langen und beweglichen Kohlenstoffketten. Sie bestimmen die Eigenschaften des Fettmoleküls.

Die Besonderheit beim Milchfett besteht darin, dass es mehr als 400 Fettsäuren beinhaltet. Dieses breite Fett-

säuremuster ermöglicht unzählige Dreierkombinationen im Fettmolekül, MilCHFett gilt daher als „polymorph“.

Ungefähr drei Viertel der Fettsäuren sind langkettig, d.h. sie bestehen aus einer Kohlenstoffkette mit mehr als zehn C-Atomen. Die restlichen Fettsäuren sind mittelkettig (8-10 C-Atome) oder kurzkettig (< 8 C-Atome). Je nach Kettenlänge besitzen die Fettsäuren andere Schmelzpunkte. Die vielfältigen Fettsäuren der Butter schmelzen im Bereich von -8° bis $+70^{\circ}$ C. Deshalb offenbart Butter seine Aromen je nach Temperatur. Das Fett ist bei Zimmertemperatur streichfähig.

Von den kurzkettigen Fettsäuren ist v.a. die Butan- bzw. Buttersäure (4 C-Atome) geschmacklich interessant. In frischer Butter liegt sie größtenteils in gebundener Form vor. Die wenigen freien Moleküle sorgen für eine angenehme Frische. Wird jedoch zu viel Buttersäure freigesetzt (z.B. falsche Lagerung), schmeckt die Butter alt und ranzig. Auch andere freie Fettsäuren und Vorstufen von Fettsäuren wie Aldehyde tragen zum Geschmack der Butter bei.

KOMPLEXE AROMABILDUNG

Während der Rahmreifung kommt es bei allen drei Buttersorten zu einer Veränderung: Mit der Temperatur verändern die Fettmoleküle ihre Form zu einer neuen Modifikation, wobei keine Fettsäure ihre Bindung verlässt (vgl. Abb. unten). Die Konsistenz des MilCHFetts ändert sich und verbessert die Streichfähigkeit und den Geschmack. Zahlreiche Aromen entstehen durch weiteren Umbau der Fette und Kohlenhydrate während der verschiedenen Phasen der Butterherstellung. Je nach Verfahren dominieren unterschiedliche Geschmacksstoffe. Süßrahmbutter schmeckt mild



Je nach Zusammensetzung der Butter erscheint sie eher weißlich oder gelblich.

und milchig-süß, mildgesäuerte Butter eher säuerlich frisch und Sauerrahmbutter frisch mit einer nussigen Note.

Bei Sauerrahmbutter werden ausgewählte Kulturen von Milchsäurebakterien (meist *Streptococcus lactis* und *S. cremoris*) für die Rahmreifung zugegeben. Die Bakterien bauen den vorhandenen Zucker (Lactose, Glucose und Galactose) aus der Milch zu Milchsäure (Lactat) ab. Die Bakterien setzen aber auch andere organische Verbindungen um. Dabei entstehen u.a. die Ketone Acetoin und Diacetyl, die ebenfalls sauer schmecken. In geringem Umfang finden sich diese auch in Süßrahmbutter und mildgesäuertes Butter. Teilweise wird

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Materialien in Heft 7 (Multitalent Milch), 18 (Milchsorten), 20 (Milch-Berufe) und 37 (Milchbildung) unter ima-lehrermagazin.de
- » Unterrichtsmappe „Unsere Milch – Unterrichtsmaterial für die Sekundarstufe I/II“ unter ima-shop.de
- » Infoblatt „M-Chart Butter“ unter milchwirtschaft.de -> Schulen und Kitas -> Sek I

Milchsäure extra zugegeben. Die Enzyme der Mikroben setzen außerdem weitere Fettsäuren aus den Fettmolekülen frei (hydrolytische Spaltung der Esterbindung durch Lipasen). Das Aroma der Butter beruht also auf vielen Säuren.

Die Butter enthält zudem noch verbliebene Aromen aus der Milch, z.B. ätherische Öle aus dem Futter der Kühe (Heu, Silage usw.) und Phenole. Die Vielzahl der chemischen Verbindungen im Rahm und deren weitere Reaktionen bilden eine unüberschaubare Zahl von geschmacksaktiven Substanzen. Die Abfolge und Dauer der Temperaturphasen während der Reifung fördert und bremst die einzelnen aromabildenden Prozesse im Rahm.

VERWENDUNG UND LAGERUNG

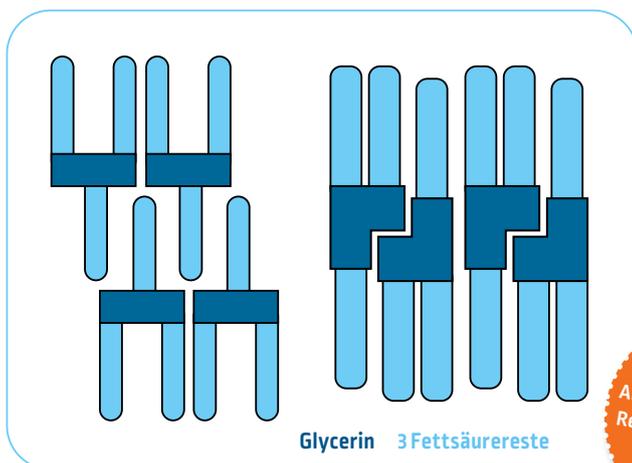
Butter ist ein besonders guter Geschmacksträger, da viele Geschmacksstoffe fettlöslich sind. Ihre Zugabe unterstreicht die Aromen anderer Lebensmittel. Während sich die gesäuerte Butter eher für herzhaftes Speisens eignet, wird Süßrahmbutter gerne für zartes Gemüse oder süßes Gebäck verwendet. Beim Kochen und Backen mit Butter findet durch die Hitze eine Vielzahl weiterer aromabildender Vorgänge statt.

Damit Butter möglichst lange frisch bleibt, sollte sie luftdicht, kühl und dunkel aufbewahrt werden. So nimmt sie keine Fremdgerüche an und die Fette altern nicht durch die Einwirkung von UV-Licht oder Sauerstoff. Kälte bremst die Aktivität von Enzymen. Im Kühlschrank im Butterfach ist es weniger kalt und die Butter wird nicht zu hart.

METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

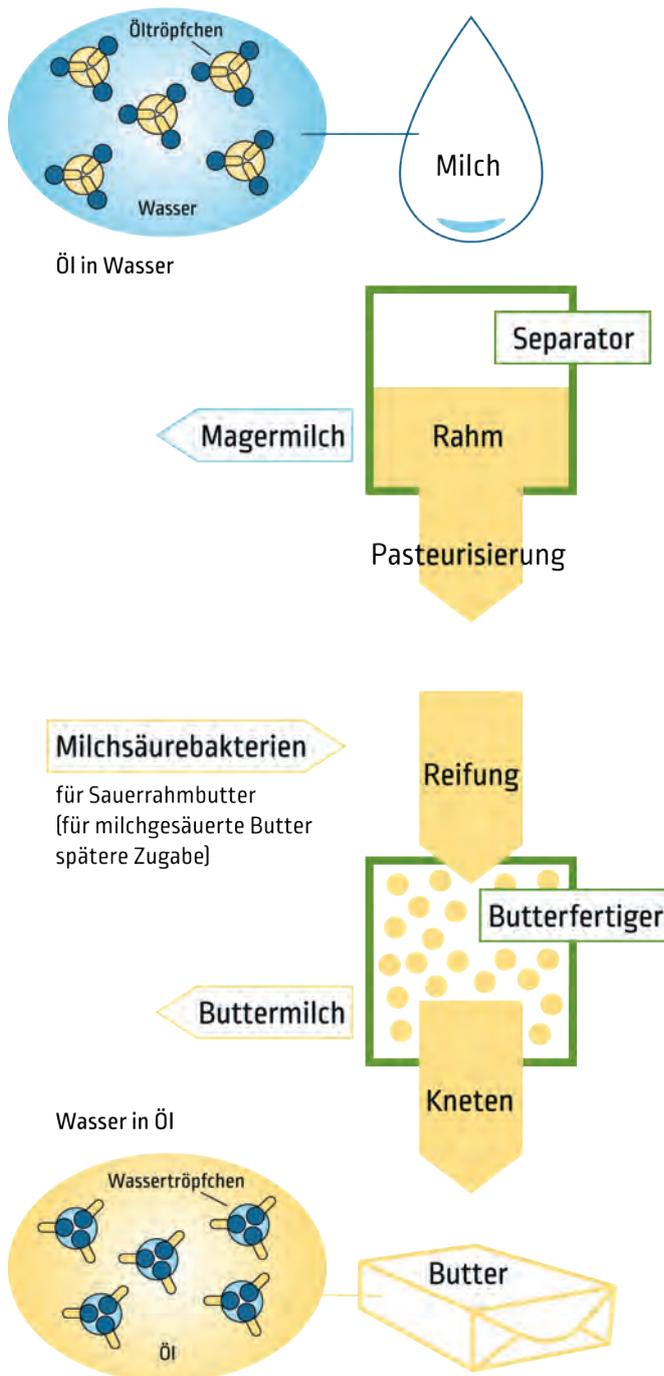
Viele Lerninhalte der oberen Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II lassen sich am alltäglichen Beispiel Butter erläutern – und erschmecken. Daher startet die Einheit mit einer Verkostung einzelner Buttersorten, angeleitet durch sensorische Details bzw. Schritte auf der **Sammelkarte** (S. 15/16). Danach erfahren die SchülerInnen mit der **Sachinfo** und **Arbeitsblatt 1**, welche Substanzen und Prozesse an ihren vorherigen Sinesindrücken beteiligt sind. Die Phasenumkehr bzw. das Buttern können sie ebenfalls erleben: mithilfe des **Rezeptes** auf Seite 27.

Mit **Arbeitsblatt 2** behandeln sie die konkreten chemischen Reaktionen, je nach Wissenstand die Milchsäuregärung, das Fettsäuremuster oder beides.



Von der Milch zur Butter

- ① Lies den Infotext, um dir einen groben Überblick über die Vorgänge bei der Butterherstellung zu verschaffen.
- ② Schreibe rechts auf die Linien, wie sich die Eigenschaften des Lebensmittels während der einzelnen Schritte verändern.



AROMEN AUS MILCH

INAKTIVIERUNG VON MIKROORGANISMEN
UND ENZYMEN (Z.B. LIPASEN) IN MILCH/
FETTKÜGELCHEN

BILDUNG VON NEUEN MODIFIKATIONEN
MILCHSÄUREGÄRUNG
BILDUNG VON DIACETYL + ACETON ,
VIELE WEITERE AROMABILDENDE VORGÄNGE

FEINE VERTEILUNG DER WASSERTRÖPFCHEN
FÜR FRISCHEGESCHMACK

FREISETZUNG VON FETTSÄUREN
BEI ALTERUNG

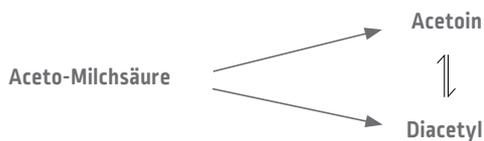
Die Chemie der Butter

- ① Zeichne die Strukturformeln der folgenden Substanzen mit ihren Reaktionsgleichungen aus deinem Chemiebuch ab.

a) Ein wichtiger Prozess bei der Rahmreifung ist die Milchsäuregärung. Durch die Enzyme der Milchsäurebakterien entstehen aus einem Molekül Zucker (Glucose) zwei Moleküle Milchsäure (Laktat).



b) Aus Aceto-Milchsäure, deren mögliche Vorstufen zahlreich sind, entstehen Acetoin und Diacetyl in einem chemischen Gleichgewicht.



c) Bei der Alterung von Fett kommt es zu Lipolyse. Pro Triglycerid-Molekül sind 3 Wassermoleküle nötig, um die 3 Fettsäuren aus ihren Esterbindungen zu lösen.



- ② Recherchiere die Eigenschaften der hier angegebenen Fettsäuren der Butter. Was kannst du daraus für die Konsistenz der Butter bei den Temperaturen in Kühlschrank, Zimmer und Mund ableiten?

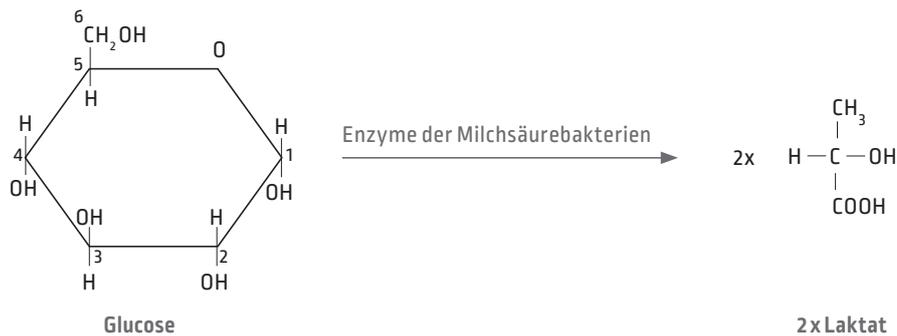
Fettsäure	Kettenlänge (Zahl d. C-Atome)	Schmelz- Temperatur (in °C)	Anteil am Butterfett (in %)
Butter-/Butansäure			
Capron-/Hexansäure			
Capryl-/Octansäure			
Carprin-/Decansäure			
Laurin-/Dodecansäure			
Myristin-/Tetradecansäure			
Palmitin-/Hexadecansäure			
Palmitolein-/Hexadecensäure*			
Stearin-/Octadecansäure			
Öl-/Octadecensäure*			
α-Linol-/Octadecadiensäure*			

* = ungesättigte Fettsäure mit Doppelbindungen

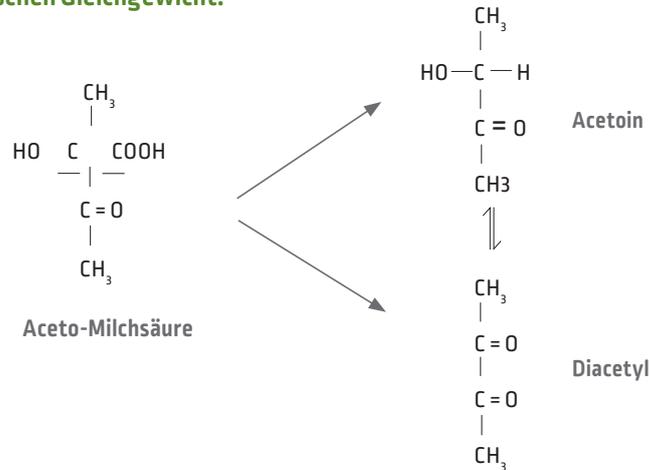
Die Chemie der Butter

① Zeichne die Strukturformeln der folgenden Substanzen mit ihren Reaktionsgleichungen aus deinem Chemiebuch ab.

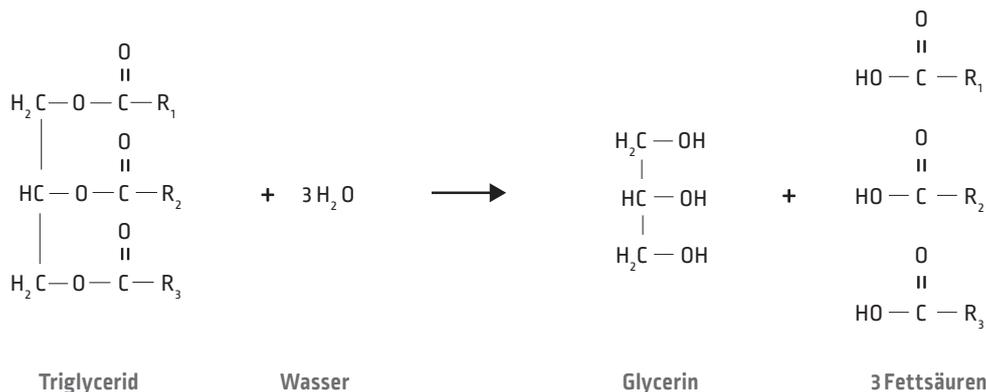
a) Ein wichtiger Prozess bei der Rahmreifung ist die Milchsäuregärung. Durch die Enzyme der Milchsäurebakterien entstehen aus einem Molekül Zucker (Glucose) zwei Moleküle Milchsäure (Laktat).



b) Aus Aceto-Milchsäure, deren mögliche Vorstufen zahlreich sind, entstehen Acetoin und Diacetyl in einem chemischen Gleichgewicht.



c) Bei der Alterung von Fett kommt es zu Lipolyse. Pro Triglycerid-Molekül sind 3 Wassermoleküle nötig, um die 3 Fettsäuren aus ihren Esterbindungen zu lösen.



BUTTERAROMEN ARBEITSBLATT 2 – LÖSUNGSBLATT

- ② **Recherchiere die Eigenschaften der hier angegebenen Fettsäuren der Butter. Was kannst du daraus für die Konsistenz der Butter bei den Temperaturen in Kühlschrank, Zimmer und Mund ableiten?**

Fettsäure	Kettenlänge (Zahl d. C-Atome)	Schmelz- Temperatur (in °C)	Anteil am Butterfett (in %)
Butter-/Butansäure	4	-8	2,6 - 4,5
Capron-/Hexansäure	6	-4	1,5 - 2
Capryl-/Octansäure	8	1,6	0,5 - 1,5
Carprin-/Decansäure	10	31	1 - 3,5
Laurin-/Dodecansäure	12	43	ca. 2,5
Myristin-/Tetradecansäure	14	54	8 - 11
Palmitin-/Hexadecansäure	16	63	26 - 29
Palmitolein-/Hexadecensäure*	16	-	3,5 - 4,5
Stearin-/Octadecansäure	18	70	9 - 11
Öl-/Octadecensäure*	18	15	26 - 33
α -Linol-/Octadecadiensäure*	18	-5	2 - 3,5

* = ungesättigte Fettsäure mit Doppelbindungen

Die Schmelzpunkte der kurzen, gesättigten Fettsäuren liegen bei geringeren Temperaturen als die der langkettigen Fettsäuren. Mit aufsteigender Temperatur (vom Kühlschrank zum Mund) schmelzen mehr und mehr Fettsäuren. Die Butter wird weicher.