

Lebensmittelzusatzstoffe: Einteilung, Funktion, Gewinnung, Zusammen- setzung (Leitprogramm)

In der Lebensmittelverordnung sind Zusatzstoffe wie folgt **definiert**: „Zusatzstoffe sind Stoffe mit oder ohne Nährwert, die Lebensmitteln aus technologischen oder sensorischen Gründen absichtlich direkt oder indirekt zugesetzt werden.“ - Nicht in diese Definition eingeschlossen sind somit Stoffe, die aus ernährungsphysiologischen Gründen zugesetzt werden, wie Vitamine oder Mineralstoffe.

Von den Zusatzstoffen abzugrenzen sind die Zutaten. Diese umfassen Lebensmittel, wie sie auch bei der Zubereitung der häuslichen Gerichte angewendet werden, wie Salz, Mehl, Milcheiweiss, Fett, undsoweiter.

In der **Zusatzstoffverordnung**^a sind alle in der Schweiz zugelassenen Zusatzstoffe aufgeführt. Die meisten findet man auch auf dem **E-Nummern-Poster** von Coop (welches beim Arbeiten mit diesem Leitprogramm immer zur Hand sein sollte) - nur einige selten verwendete Zusatzstoffe sind dort nicht erwähnt.

Bei industriell gefertigter Nahrung müssen Zutaten und Zusatzstoffe auf der Verpackung **deklariert** sein, und zwar in der Reihenfolge absteigender Mengenanteile.

Häufig wird bei Zusatzstoffen zwischen „**natürlichen**“ und „**synthetischen**“ oder „**künstlichen**“ unterschieden. Dabei werden oft auch Stoffe als natürlich bezeichnet, die aus Naturprodukten stammen, die nicht verzehrt werden (z. B. Cochenille-Rot, das aus Schildläusen gewonnen wird), oder solche, die durch chemische Umwandlung von Lebensmitteln entstehen (z. B. Caramel oder Pflanzenkohle). - Natürliche Stoffe können auch synthetisch hergestellt werden. Diese Stoffe unterscheiden sich in keiner Weise von den aus Naturprodukten gewonnenen; sie werden auch als „naturidentisch-synthetisch“ bezeichnet. - Im übrigen ist die Frage, ob ein Stoff „natürlich“ oder „künstlich“ ist, für seine toxikologische Beurteilung irrelevant.

Farbstoffe

Die „natürlichen“ Farbstoffe umfassen:

- Kurkumin (E100, gelb): natürlicherweise in der Kurkumawurzel (auch Gelbwurz oder Turmeric genannt), welche den Hauptbestandteil der Curry-Mischungen darstellt.
- Riboflavin = Vitamin B₂ (E101, gelb).
- Cochenille = Carminsäure (E120, rot): wird aus der Schildlaus-Art Coccus Cacti gewonnen oder synthetisch hergestellt.
- Chlorophylle (E140, grün) und Xanthophylle (E161, gelb): Blattfarbstoffe.
- Zuckerkulör = Caramel (E150, braun): entsteht beim Erhitzen von Zucker, meist unter Zusatz von Säuren oder Basen, durch eine chemische Reaktion.

^a www.admin.ch/ch/d/sr/817_021_22/index.html → Anhang 1

- Pflanzenkohle (E153, schwarz): durch Erhitzen von pflanzlichem Material (Holz) unter Luftabschluss gewonnene Kohle; entspricht der medizinischen Aktivkohle.
- Carotinoide (E160): eine Gruppe gelber, oranger und roter Farbstoffe; dazu gehören beispielsweise: Carotin (E160a, in Karotten), Capsanthin (E160c, in Paprika), Lycopin (E160d, in Tomaten).
- Betanin (E162, rot): in Rindern.
- Anthocyane (E163): rote, violette und blaue Farbstoffe, die aus Obst (Kirschen, Pflaumen, Trauben, verschiedene Beeren) oder Gemüse (Rotkohl, roten Zwiebeln, Auberginen) gewonnen werden.
- Calciumcarbonat = Kalk (E170).

Die übrigen auf dem E-Nummern-Poster aufgeführten Farbstoffe kommen in der Natur nicht vor.

Konservierungsmittel

Um Lebensmittel vor Verderb durch Mikroorganismen (Bakterien, Hefen, Pilze) zu schützen, kommen verschiedenste physikalische und chemische Verfahren zur Anwendung:

- Sterilisation durch Hitze (kochen, pasteurisieren)
- Verhinderung des Mikrowachstums durch
 - Kälte (kühlen, gefrieren)
 - Wasserentzug (trocknen, lyophilisieren)
 - Erhöhung des osmotischen Drucks (konservieren mit **Zucker** oder **Salz**)
 - Erniedrigen des pH-Wertes (konservieren mit **Essig**, durch Gärung entstandene **Milchsäure** in Sauerkraut oder Joghurt)
 - Zusatz mikrobienhemmender Zusatzstoffe (**Konservierungsmittel**)

Chemische Konservierung hat eine lange Tradition: Schon im Altertum waren Räuchern, Einsalzen und Pökeln bekannt, ebenso die Konservierung mit Essig, verschiedene Milchsäuregärungen und das Schwefeln des Weines.

Beim Schwefeln wurde früher Schwefel in den Fässern verbrannt; das dabei entstehende **Schwefeldioxid** löst sich im Wein. Schwefeldioxid reagiert mit Wasser; dabei bildet sich schweflige Säure nach der Gleichung $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$. Dieses Gleichgewicht liegt aber stark auf der Seite der Edukte - schweflige Säure liegt also in wässriger Lösung nur in äusserst geringen Konzentrationen vor. Hingegen enthält eine solche Lösung (neben gelöstem Schwefeldioxid) *deprotonierte* schweflige Säure, also Hydrogensulfit-Ionen. Die schweflige Säure ähnelt in dieser Hinsicht der Kohlensäure. - Heute wird das SO_2 nicht mehr durch Verbrennung von Schwefel im Fass hergestellt, sondern es wird - zwecks genauerer Dosierung - dem Wein wässrige Schwefeldioxidlösung (E220) oder aber ein Salz der schwefligen Säure (E221-228) zugeführt. - Bis heute wird kaum auf dieses Konservierungsmittel, welches Fehlgärungen bei der Weinbereitung verhindert, verzichtet - auch nicht bei der Herstellung „biologischer“ Weine.

Aufgabe 1:

Geben Sie die Summenformeln der Zusatzstoffe E221-222 und E226-228 an.

Wie bei der schwefligen Säure handelt es sich auch bei vielen anderen Zusatzstoffen um **Säuren**, die ebenfalls als **Salze** eingesetzt werden können. Meist verwendet man Natrium-, Kalium- oder Calciumsalze, in manchen Fällen auch Magnesium- oder Ammoniumsalze.

Aufgabe 2:

- Womit muss man eine Säure neutralisieren, um ihr Natrium-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- bzw. Ammoniumsalz zu erhalten?
- Welchen Unterschied macht es, ob eine Säure oder ihr Salz verwendet wird?

Grosse Bedeutung unter den Konservierungsmitteln hat heute die Sorbinsäure (E200), welche vor allem gegen Schimmelpilze wirkt. Sie wird im menschlichen Körper wie eine natürliche Fettsäure abgebaut.

Ameisensäure (E236) und Benzoesäure (E210) finden Verwendung in verschiedenen sauren Lebensmitteln, da sie nur in saurem Milieu wirken; die Parahydroxybenzoesäureester (E214-219) hingegen können auch bei höheren pH-Werten eingesetzt werden.

Aufgabe 3:

- Geben Sie die Summenformeln der Zusatzstoffe E237 und E238 an (Ameisensäure heisst auf englisch „formic acid“ ...).
- Welche E-Nrn. besitzen die Salze der Sorbinsäure, der Benzoesäure?

Propionsäure (E280), die natürlicherweise in verschiedenen Käsesorten (z. B. Emmentaler) vorkommt, wird gelegentlich zur Verhinderung der Schimmelbildung auf in Scheiben geschnittenem Brot verwendet.

Beim sog. **Pökeln**, das schon im Altertum praktiziert wurde, werden den Fleischwaren Nitrite oder Nitrate (E250-252) zugesetzt. Nitrat wird im Fleisch durch Mikroorganismen in Nitrit verwandelt, welches den eigentlichen Wirkstoff darstellt. Es hat zwei Funktionen: einerseits bildet es mit dem Muskelfarbstoff Myoglobin eine rote Verbindung und erhält so die rote Farbe des Fleisches, andererseits hemmt es das Wachstum von Bakterien - auch von Clostridium Botulinum, welches das stärkste bekannte Gift produziert und tödliche Fleischvergiftungen verursacht.

Aufgabe 4:

- Geben Sie die Formeln von Natriumnitrit und Natriumnitrat an.
- Handelt es sich bei der mikrobiellen Umwandlung von Nitrat in Nitrit um eine Oxidation oder eine Reduktion? Begründen Sie Ihre Antwort.

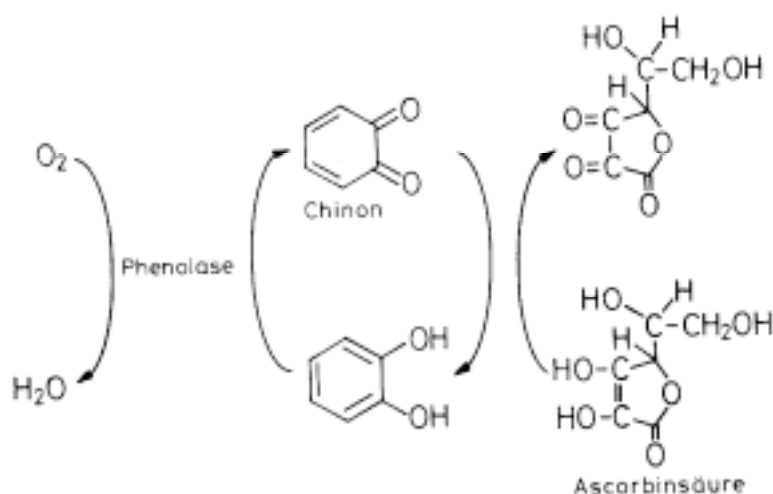
Antioxidantien

Manche Nahrungsbestandteile sind beschränkt haltbar, da sie **mit Luftsauerstoff reagieren**. Meist geht es um Fette, die ranzig werden. Aber auch gewisse Vitamine und Aromastoffe können beeinträchtigt werden, und einige Obst- und Gemüsearten (z. B. Äpfel, Kartoffeln) verfärben sich an der Luft dunkel. Um derartige Oxidationen zu vermeiden, schützt man entweder die betreffenden Lebensmittel vor Sauerstoff, indem man sie unter Vakuum oder einem Schutzgas (Stickstoff) verpackt, oder man setzt **Antioxidantien** zu - Stoffe, welche die unerwünschten Reaktionen verhindern.

Aufgabe 5:

Manche Früchte und Gemüse (z. B. Äpfel und Kartoffeln) verfärben sich an den Schnittflächen braun. Die Bräunung wird verursacht durch die Oxidation von in Pflanzen enthaltenen Phenolen (Phenole sind Stoffe, in deren Molekülen OH-Gruppen direkt an einen Benzolring gebunden sind) zu sog. Chinonen, welche ihrerseits zu braunen Pigmenten polymerisieren. Die Oxidation wird durch das Enzym Phenoloxidase (auch Phenolase genannt) katalysiert.

Zur Verhinderung der Bräunung kann Ascorbinsäure (Vitamin C) als Antioxidans verwendet werden. Ascorbinsäure ist ein kräftiges Reduktionsmittel, welches die Chinone wieder zu Phenolen reduziert, bevor sie zu braunen Pigmenten polymerisieren können:



Zeigen Sie, indem Sie die relevanten Oxidationszahlen ermitteln, dass es sich bei der Umwandlung eines Phenols in ein Chinon um eine Oxidation handelt - und ebenso bei der oben dargestellten Reaktion der Ascorbinsäure.

Die wichtigsten natürlichen und naturidentisch-synthetischen Antioxidantien:

- Ascorbinsäure = Vitamin C (E300), ihre Salze (E301-303) und Fettsäure-Ester (E304-305).
- Tocopherole = Vitamin E (E306-309).
- Lecithin (E322): kommt natürlicherweise in Eigelb und Soyabohnen vor.
- Zitronensäure, Weinsäure und deren Salze (E330-337): verstärken synergistisch die Wirkung anderer Antioxidantien.

Die wichtigsten künstlichen Antioxidantien:

- Ester der Gallussäure mit Propylalkohol (E310) oder Fettalkoholen (E311-312).
- Butylhydroxyanisol = BHA (E320) und Butylhydroxytoluol = BHT (E321).
- Schwefeldioxid, schweflige Säure und ihre Salze (E220 bis E228): dienen nicht nur als Konservierungsmittel für Wein (vgl. Abschnitt über Konservierungsmittel), sondern auch als Antioxidans für Fruchtsäfte, Bier, Essig und Trockenfrüchte.

Säuerungsmittel & Säureregulatoren

Hierbei handelt es sich um saure oder basische^b Stoffe, welche der Einstellung des gewünschten pH-Wertes dienen - sei es aus Gründen des Geschmacks oder der Haltbarkeit.

Aufgabe 6:

- a) Suchen Sie im Buch die Strukturformeln der Essig-, Milch-, Zitronen-, Wein- und Apfelsäure.
- b) Die Namen der konjugierten Basen (Anionen) der Säuren aus Aufgabe (a) lauten wie folgt:
- | | | | | | |
|--------|------------|------------|---------------|-----------|------------|
| Säure: | Essigsäure | Milchsäure | Zitronensäure | Weinsäure | Apfelsäure |
| Anion: | Acetat | Lactat | Citrat | Tartrat | Malat |
- Suchen Sie auf dem E-Nummern-Poster zu jedem Anion ein Salz, in welchem es enthalten ist.

Schmelzsalze

Schmelzsalze werden bei der Schmelzkäseherstellung eingesetzt, um eine homogene Verteilung von Proteinen und Fetten zu erreichen. Man verwendet Lactate (Salze der Milchsäure) und Phosphate.

Gelier- und Verdickungsmittel

Gelierzmittel dienen zur Bildung von Gelen. Sie werden beispielsweise zur Herstellung von Fruchtgelée oder Pudding verwendet.

Verdickungsmittel erhöhen die Viskosität z. B. von Saucen oder Crèmen.

Bei diesen Stoffen handelt es sich um **Polysaccharide**, d. h. Polymere aus Zuckern. Sie umfassen:

- Chemisch modifizierte Stärke (E1404-1443).
- Cellulose (E460) und chemisch modifizierte Cellulose (E461-466).
- Pektin (E440): aus Früchten (z. B. Äpfeln, Citrusfrüchten) gewonnen.
- Johannisbrotkernmehl (E410), Guar-Gummi (E412), Tragant (E413), Gummi arabicum (E414), Karaya-Gummi (E416), Tara-Gummi (E417): aus Bäumen oder Sträuchern gewonnen.
- Alginsäure (E400) und Alginate (E401-404), Agar-Agar (E406), Carrageenan (E407): aus Algen gewonnen.
- Xanthan-Gummi (E415): aus Bakterien gewonnen.

^b Basen dienen zur Neutralisation von Säuren oder - zusammen mit ihren konjugierten Säuren - zur Pufferung.

Stabilisatoren

Diese Stoffe stabilisieren den physikalisch-chemischen Zustand eines Lebensmittels auf verschiedenste Weise. Manche ähneln in ihrer Wirkung den Emulgatoren (siehe unten), andere verhindern Farbveränderungen.

Emulgatoren

Emulgatoren ermöglichen die Bildung stabiler Emulsionen, indem sie die Entmischung von hydrophiler und lipophiler Phase verhindern. Sie sind prinzipiell gleich aufgebaut wie die **Tenside** in Waschmitteln und wirken auch auf dieselbe Weise. Sie erfüllen ihre Funktion beispielsweise in Mayonnaise, Margarine (enthält im Fett emulgierte Wassertropfen) und vielen Saucen. In Kakaotränken verbessern sie die Benetzbarkeit des lipophilen Kakaopulvers; in Schokolade verhindern sie das Auskristallisieren von Fett.

Aufgabe 7:

Fertigen Sie eine Skizze an, aus welcher die Struktur einer Öl-in-Wasser-Emulsion hervorgeht sowie die Anordnung der Emulgatormoleküle, welche diese Emulsion stabilisieren. Tun Sie dasselbe für eine Wasser-in-Öl-Emulsion. Die nötigen Informationen finden Sie im Buch S. 172f.

Chemisch handelt es sich bei den Emulgatoren um **Ester**, also um Verbindungen aus Säuren und Alkoholen. Als Säuren dienen in vielen Fällen Fettsäuren, als Alkohole hauptsächlich Glycerin, Zucker oder Milchsäure.

Aufgabe 8:

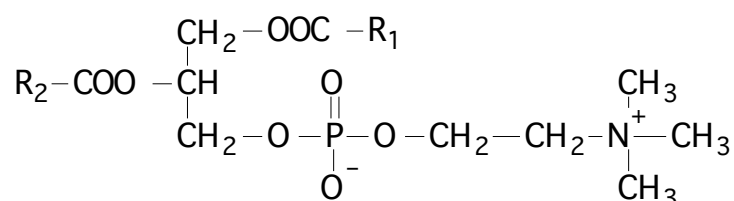
Die zum Lösen dieser Aufgabe nötigen Informationen finden Sie im Buch in Kapitel 16.

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Veresterung der Carbonsäure $R_1\text{-COOH}$ mit dem Alkohol $R_2\text{-OH}$.
- Was versteht man unter einer Fettsäure?
- Was sind Glyceride? Wo kommen sie vor?
- Bei den im Buch erwähnten Glyceriden handelt es sich um sog. Triglyceride, weil alle drei Hydroxylgruppen des Glycerins mit Fettsäuren verestert sind. Was ist demnach ein Diglycerid, was ein Monoglycerid?
- Gemäss Zusatzstoffverordnung werden mit der E-Nummer E472c „Zitronensäureester von Mono- und Diglyceriden von Speisefettsäuren“ bezeichnet. Zeichnen Sie die Struktur eines solchen Emulgatormoleküls (eigentlich: Emulgator-Ions, denn die Carboxylgruppen der Zitronensäure sind in neutraler Umgebung deprotoniert). Welcher Teil dieses Teilchens ist hydrophil, welcher lipophil?
- In welche Stoffe wird E472c bei der Verdauung gespalten?

Lecithin (E322): kommt natürlicherweise in Eigelb und Soyabohnen vor und wird aus diesen Lebensmitteln gewonnen.

Aufgabe 9:

Lecithin hat die folgende Struktur



wobei es sich bei R_1 und R_2 um Fettsäurereste handelt.

- Inwiefern ist Lecithin mit biologischen Fetten und Ölen und mit den in Aufgabe 8.e erwähnten Zusatzstoffen verwandt?
- Wie sind die Teile eines Lecithinmoleküls angeordnet, welches sich an einer Grenzfläche zwischen einer hydrophilen und einer lipophilen Phase befindet?

Trenn- und Antiklumpmittel

Diese Stoffe verhindern, dass die einzelnen Partikel eines Lebensmittels aneinander haften.

Aufgabe 10:

- Schreiben Sie von den folgenden Stoffen die Formeln auf: E504, E470b.
- Informieren Sie sich mit Hilfe des Buches über Siliciumdioxid (E551) und Silicate (E552-556).

Backtriebmittel

Ammoniumhydrogencarbonat (E503) zerfällt beim Erhitzen in die drei Gase Ammoniak, Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf, welche den Teig auftreiben.

Aufgabe 11:

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für obige Reaktion.
- Wonach riecht es beim Backen, wenn der Teig Ammoniumhydrogencarbonat als Backtriebmittel enthält?
- Weshalb eignet sich Ammoniumhydrogencarbonat nur für flache Gebäcke, die stark gebacken werden, wie z. B. Lebkuchen?

Andere Backtriebmittel enthalten Natriumhydrogencarbonat (E500), kombiniert mit einer Säure; bei der Reaktion dieser beiden Komponenten entsteht CO_2 .

Aufgabe 12:

Ein Backtriebmittel enthält Weinsäure (E334) und Natriumhydrogencarbonat (E500). Welche Vorgänge spielen sich beim Backen ab?

Geschmacksverstärker

Sie vertiefen den Geschmack von Suppen, Saucen und Speisewürzen, obwohl sie allein nur sehr wenig Geschmack besitzen.

Glutaminsäure (E620; Salze: E621-625) ist eine Aminosäure, also ein Baustein natürlicher Eiweisse.

Guanylsäure (E626; Salze: E627-629) ist ein Bestandteil der Nukleotide, die in jeder Zelle vorkommen; Inosinsäure (E630; Salze: E631-633) ist deren Vorstufe bei der Biosynthese.

Die erwähnten Stoffe kommen somit in Lebensmitteln und im menschlichen Körper vor. In der ostasiatischen Küche werden sie schon seit langer Zeit eingesetzt.

Überzugsmittel

Sie schützen vor äusseren Einflüssen und gegen das Austrocknen. Beispiele sind pflanzliche Fette auf Weinbeeren oder Gummiarabicum auf Bonbons und Marzipan.

„Paraffin“ (E905) ist ein Synonym für „Alkan“; flüssige Alkane bezeichnet man als „Paraffinöle“. Aus festen Paraffinen werden auch Kerzen hergestellt.

Carnaubawachs (E903) wird aus den Blättern einer brasilianischen Palme gewonnen.

Schellack (E904) wird von südasiatischen Lackschildläusen produziert, welche die Zweige ihres Wirtsbaumes damit überziehen; früher wurden daraus Schallplatten produziert.

Süsstoffe

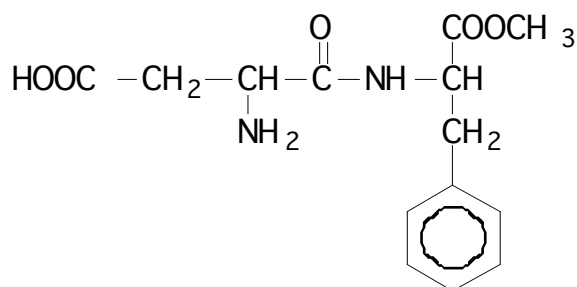
Man unterscheidet nicht kalorige und kalorige Süsstoffe; die letzteren werden meist als Zuckeraustauschstoffe bezeichnet.

Im Unterschied zu den Zuckern und Zuckeraustauschstoffen besitzen die **nicht kalorigen Süsstoffe** keinen oder fast keinen Nährwert; viele werden vom Körper nicht einmal aufgenommen. Somit eignen sie sich für kalorienarme Diät. Sie haben eine vielfach stärkere Süßkraft als Saccharose (Rohrzucker) - von 20fach (Cyclamat) bis 2000fach (Thaumatococcus). Als Ersatzstoffe für Saccharose helfen sie auch, Karies zu vermeiden. Sie umfassen:

- Peptide und Proteine, d. h. aus Aminosäuren zusammengesetzte Stoffe (vgl. Buch S. 278/79):
 - **Aspartam** (E951): beim Kochen zerfällt es in die beiden Aminosäuren, aus denen es zusammengesetzt ist, und verliert dabei seine Süßkraft.

Aufgabe 13:

Aspartam hat die folgende Strukturformel:



In welche Stoffe wird es bei der Verdauung gespalten?

- Thaumatin (E957): ein Eiweiss, welches aus einer afrikanischen Beerenart gewonnen wird.
- Künstliche Süsstoffe:
 - **Saccharin** (E954), der älteste bekannte Süsstoff.
 - **Cyclamat** (E952).
 - **Acesulfam K** (E950) und Neohesperidindihydrochalcon (E959), zwei erst in neuerer Zeit verwendete Süsstoffe.

Häufig werden Kombinationen verschiedener Süsstoffe eingesetzt. Der Grund liegt darin, dass viele Süsstoffe einen unangenehmen Beigeschmack haben, wenn sie in hohen Konzentrationen verwendet werden, weshalb man lieber mehrere Süsstoffe in kleineren Konzentrationen kombiniert. Ausserdem lassen sich die erforderlichen Konzentrationen so zusätzlich vermindern, da zwischen Süsstoffen Synergien bestehen. So kann man beispielsweise die Süsstkraft von 50 g Saccharose erreichen entweder durch 320 mg Aspartam oder durch 390 mg Acesulfam K oder aber durch eine Mischung der beiden Stoffe, wobei von jedem nur 85 mg nötig sind.

Zu den **Zuckeraustauschstoffen** gehören Xylit (E967), Sorbit (E420) und Mannit (E421) - die ersten beiden kommen natürlicherweise in verschiedenen Früchten vor. Anders als die nicht kalorigen Süsstoffe ersetzen die Zuckeraustauschstoffe den Zucker nicht nur in seiner Süsst-, sondern auch in seiner Strukturfunktion; sie werden deshalb beispielsweise zur Herstellung von zahnschonenden Bonbons oder Diabetikerschokolade verwendet. Ihre Süsstkraft ist ähnlich derjenigen von Zucker. Sie sind *nicht* kalorienarm, verursachen aber keine Karies. Zum Teil werden sie auch als Feuchthaltemittel eingesetzt (z. B. in Marzipan).

Aromen

Man unterscheidet:

- „**natürliche Aromastoffe**“: Aromastoffe, die aus Lebensmitteln gewonnen werden. - Bsp.: Vanillin, welches aus Vanilleschoten extrahiert wurde.
- „**naturidentische Aromastoffe**“: synthetische Aromastoffe, die auch natürlicherweise in Lebensmitteln vorkommen. - Bsp.: Vanillin, welches durch chemische Umwandlung aus Lignin (Holzstoff) hergestellt wurde. Es unterscheidet sich vom natürlichen Vanillin nur durch seinen niedrigeren Preis.

- **„künstliche Aromastoffe“**: synthetische Aromastoffe, die natürlicherweise nicht in Lebensmitteln vorkommen. - Bsp.: Ethylvanillin, ein Stoff mit ausgeprägtem Vanillegeschmack, der aber in Vanilleschoten nicht enthalten ist.
- **„Aromaextrakte“**: Stoffgemische mit Aromaeigenschaften, die - meist durch Extraktion - aus Lebensmitteln gewonnen werden. Sie enthalten viele (oft Hunderte) von Stoffen, die zum Geschmack des betreffenden Lebensmittels beitragen. Sie liefern einen natürlicher wirkenden Geschmack als die aus einzelnen (meist naturidentisch-synthetischen) Aromastoffen zusammengemischten Aromen, da diese nur einige wenige geschmacklich herausragende „Schlüsselverbindungen“ enthalten und andere, den Geschmack abrundende Stoffe fehlen - ein natürliches Aroma mit allen seinen vielen Komponenten synthetisch herzustellen wäre nämlich viel zu aufwändig.

Wegen der grossen Anzahl der Aromastoffe besitzen diese keine E-Nummern. Sie werden normalerweise auch nicht einzeln deklariert, sondern summarisch als **„Aroma“** oder **„natürliches Aroma“**. Die letztere Bezeichnung ist nur für natürliche Aromastoffe und für Aromaextrakte zulässig, nicht aber für naturidentische Aromastoffe.

Lösungen:

Aufgabe 1:

E221: Na_2SO_3 , E222: NaHSO_3 , E226: CaSO_3 , E227: $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, E228: KHSO_3 .

Aufgabe 2:

- Mit Natrium-, Kalium-, Calcium- oder Magnesiumhydroxid bzw. Ammoniak.
- Ob eine Säure oder ihr Salz verwendet wird, kann einen Einfluss auf den pH-Wert des Lebensmittels ausüben. Dieser wird aber auch von anderen Zutaten beeinflusst. Ob der Zusatzstoff im Lebensmittel dann in protonierter oder deprotonierter Form vorliegt, hängt von seinem pK_s -Wert und vom pH-Wert des Lebensmittels ab (vgl. die entsprechende Pufferungskurve) - unabhängig davon, in welcher Form er zugegeben wurde. Ein weiterer Unterschied ist, dass bei Zugabe als Salz auch die entsprechenden Kationen mit eingebracht werden. Säuren und ihre Salze können sich zudem in ihrer Löslichkeit unterscheiden.

Aufgabe 3:

- E237: NaHCOO , E238: $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$.
- Sorbate: E202-203, Benzoate: E211-213.

Aufgabe 4:

- Natriumnitrit: NaNO_2 ; Natriumnitrat: NaNO_3 .
- Um eine Reduktion. Die Oxidationszahl von Stickstoff ändert von +V zu +III.

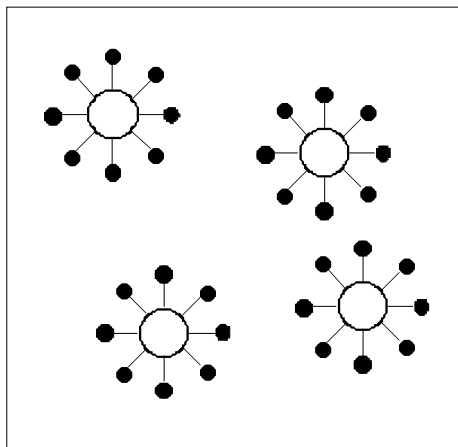
Aufgabe 5:

In einem Phenol beträgt die Oxidationszahl eines C-Atoms, welches eine Hydroxylgruppe trägt, +I. Bei der Umwandlung in ein Chinon erhöht sie sich auf +II.

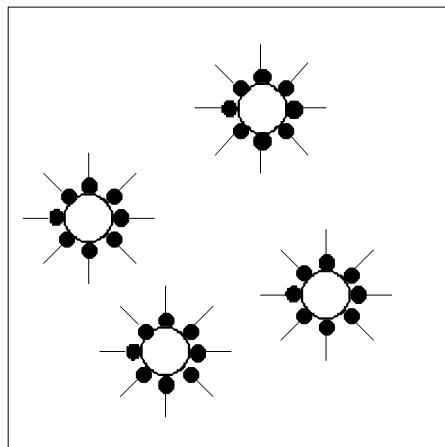
Die doppelt gebundenen C-Atome der Ascorbinsäure besitzen die Oxidationszahl +I, die sich bei der Reaktion mit dem Chinon ebenfalls auf +II erhöht.

Aufgabe 6:

- Vgl. Buch S. 138 und 139.

Aufgabe 7:

Öl in Wasser

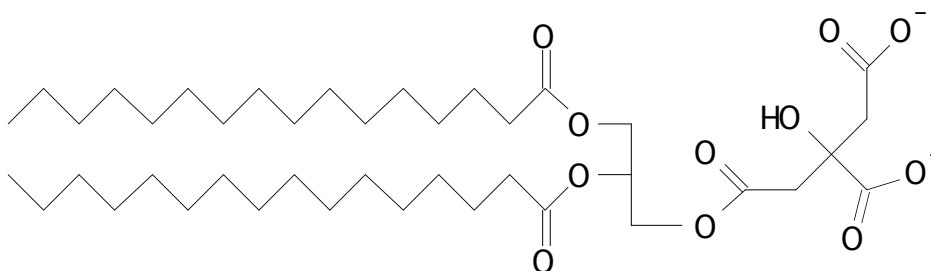


Wasser in Öl

—● = Emulgatormolekül mit hydrophilem Kopf (d lipophilem Schwanz) X

Aufgabe 8:

- $R_1\text{-COOH} + R_2\text{-OH} \rightarrow R_1\text{-CO-O-R}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Fettsäuren sind geradkettige Carbonsäuren mit 12 bis 20 C-Atomen.
- Glyceride sind Ester aus Glycerin und Fettsäuren. Aus ihnen bestehen pflanzliche und tierische Fette und Öle.
- In einem Diglycerid sind zwei Hydroxylgruppen des Glycerinmoleküls mit je einem Fettsäuremolekül verestert, in einem Monoglycerid nur eine Hydroxylgruppe.
- Als Beispiel der Zitronensäureester eines Diglycerids der Palmitinsäure:



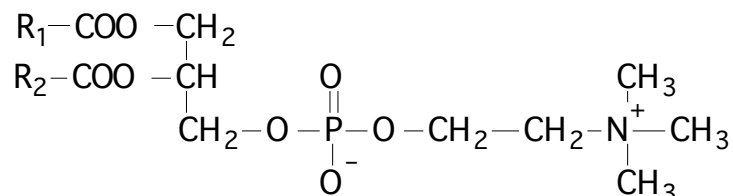
Anstelle von Palmitinsäure kommen beliebige andere Speisefettsäuren in Frage. - Monoglyceride enthalten nur eine Fettsäure pro Molekül; die dritte Hydroxylgruppe des Glycerins ist dann nicht verestert, sondern bleibt frei.

Die beiden langen Kohlenwasserstoffketten sind lipophil, der Rest bildet den hydrophilen Kopf.

- In Glycerin, Fettsäuren und Zitronensäure.

Aufgabe 9:

- a) Lecithin ist ein Diglycerid, verestert mit einem organischen Phosphat.
- b) Die beiden Fettsäurereste sind lipophil, der Rest des Moleküls hydrophil. An der genannten Grenzfläche wird der hydrophile Teil in die hydrophile Phase ragen, die beiden Fettsäurereste hingegen in die lipophile Phase - hierzu müssen letztere gleich ausgerichtet sein, die oberste Fettsäure in der Formel in Aufgabe 9 muss also nach links umklappen:

**Aufgabe 10:**

- a) E504: $MgCO_3$, E470b: $Mg(C_{17}H_{35}COO)_2$.

Aufgabe 11:

- a) $NH_4HCO_3(s) \rightarrow NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(g)$
- b) Nach Ammoniak (NH_3).
- c) Weil in voluminösen oder nur schwach gebackenen Backwaren der entstehende Ammoniak beim Backen nicht vollständig entweichen würde. - Ammoniak ist gesundheitsschädlich, aber nicht in den geringen Konzentrationen, die in Gebäcken zurückbleiben können; nicht ausgebackene Gebäcke würden wegen ihres üblen Geruches nicht verzehrt.

Aufgabe 12:

Die Weinsäure gibt Protonen an die HCO_3^- -Ionen des Natriumhydrogencarbonats ab. Diese werden dadurch zu Kohlensäure (H_2CO_3), welche ihrerseits zu CO_2 und H_2O zerfällt.

Aufgabe 13:

Durch Vergleich der Formel von Aspartam mit den Aminosäureformeln im Buch auf Seite 278 lässt sich erkennen, dass Aspartam aus den beiden Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin zusammengesetzt ist (wobei letztere zusätzlich mit Methanol verestert ist). Beim Verdauen werden Proteine und Peptide in ihre Aminosäuren gespalten - aus Aspartam entstehen also Asparaginsäure und Phenylalanin (wie auch beim Kochen).