

Thema 12

Lebensmittelfarbstoffe

Anna Bella Rohweder



Inhalt:

1. Lebensmittelfarbstoffe	S. 2
2. Farbigkeit	S. 3
• Über die Eigenschaften von Licht	S. 3
• Anregung von Elektronen	S. 4
• Absorption von Lichtquanten als Energie durch anregbare	
• Elektronen in farbigen Molekülen	S. 5
3. Unterscheidung von Lebensmittelfarbstoffen	S. 7
• Natürliche Farbstoffe	S. 7
• Naturidentische Farbstoffe	S. 8
• Synthetische Farbstoffe	S. 8
• Azofarbstoffe	S. 8
• Synthese eines Azofarbstoffes	S. 9
4. Echter oder falscher Lachs	S. 12
5. Tabelle aller Lebensmittelfarbstoffe	S. 14

Lebensmittelfarbstoffe

Lebensmittelfarbstoffe gehören zu den Lebensmittelzusatzstoffen. Diese müssen von der Lebensmittelindustrie auf Verpackungen erkenntlich gemacht werden, weshalb jedem Lebensmittelzusatzstoff eine Nummer zugeordnet ist, mit einem großen E davor. Die Gruppe der Lebensmittelfarbstoffe ist erkennbar an den Nummern E-100 bis E-200.

Der durchschnittliche Verbraucher von Lebensmitteln aus dem Supermarkt hat eine Vorstellung wie diese aussehen sollten, z.B. das Himbeerbonbons rot sein sollten oder Lachs orange/rosa. Um diese Erwartungen zu erfüllen, welche auch teilweise durch Werbung mit Bildern entstanden, werden Lebensmittel gefärbt. Oft werden gefärbte Lebensmittel den ungefärbten vorgezogen, da sie beispielsweise frischer erscheinen. Auch werden durch die Färbung von Lebensmitteln eventuelle verarbeitungsbedingte Farbveränderungen oder Farbverluste wieder ausgeglichen, z.B. bei Fruchtojoghurt. Heutzutage werden Lebensmittel auch gefärbt um aus der Masse ungefärbter Lebensmittel herauszustechen, wodurch sie dann ungewöhnlich, witzig oder absurd erscheinen und somit auch anziehend wirken können, wie z.B. blaue Erdbeeren.

Allerdings sind nicht alle Zusatzstoffe ungefährlich für den Menschen und gut verträglich. Aus diesem Grund wurde für viele Lebensmittelzusatzstoffe und somit auch für Farbstoffe ein ADI-Wert definiert, an welchem erkennbar ist, wie schädlich oder unbedenklich ein bestimmter Zusatzstoff ist. ADI steht für den englischen Ausdruck „Acceptable Daily Intake“ welcher mit „erlaubte Tagesdosis“ ins Deutsche übersetzt werden kann. Der ADI ist in mg pro kg Körpergewicht definiert. Er definiert die Dosis, welche ein Mensch lebenslanglich, pro Tag, zu sich nehmen kann, ohne das schädliche Auswirkungen zu erwarten sind. Ermittelt wird der ADI an Tierversuchen. Hierbei wird ein Stoff einer Ratte zugefügt, bis gesundheitsschädigende Reaktionen festgestellt werden können. Diese Dosis wird dann auf das Körpergewicht eines Menschen umgerechnet und durch den Sicherheitsfaktor 100 geteilt. Die Geschichte der Farbstoffe ist sehr lang und reicht sogar zurück bis zu der Zeit der Ägypter, welche schon mit Indigo färbten. Am interessantesten ist die Entwicklung der Lebensmittelfarbstoffe allerdings ab dem 19. Jahrhundert. Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der erste synthetische Farbstoff Mauvein entdeckt (1856), welcher allerdings nicht als Lebensmittelfarbstoff eingesetzt wurde. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts wurden viele weitere synthetische Farbstoffe entdeckt, welche hauptsächlich für Textilien genutzt wurden.

Thema 12

Auch schon einige Azofarbstoffe wurden synthetisiert, welche meist auf Erdöl- oder Teerbasis aufgebaut waren. Um 1975 gab es allerdings noch keine Gesetze, die definierten, welche Substanzen in Lebensmitteln enthalten sein durften und welche nicht. Auch war man sich teilweise gar nicht der Giftigkeit mancher Stoffe bewusst und so wurde zu dieser Zeit noch Käse mit Quecksilber, Zuckerwaren mit Bleioxiden und Wein mit Fuchsien gefärbt. Erst 1887 wurde das erste Gesetz zum Verbot von Einsatz von schwermetallhaltigen Lebensmittelzusatzstoffen verabschiedet. Im Laufe der Jahre wurden immer mehr synthetische Farbstoffe verboten. Von ehemals (1970) 80 gesundheitsschädlichen Zusatzstoffen sind nur noch sieben zugelassen. Erst 1993 wurde europaweit das Lebensmittelgesetz einigermaßen angeglichen. Auch heute sind immer noch nicht alle Neben- oder Langzeitwirkungen von Lebensmittelzusatzstoffen bekannt und es gibt Differenzen der Länder was das Lebensmittelgesetz und die Zulassung einzelner Stoffe betrifft.

Farbigkeit

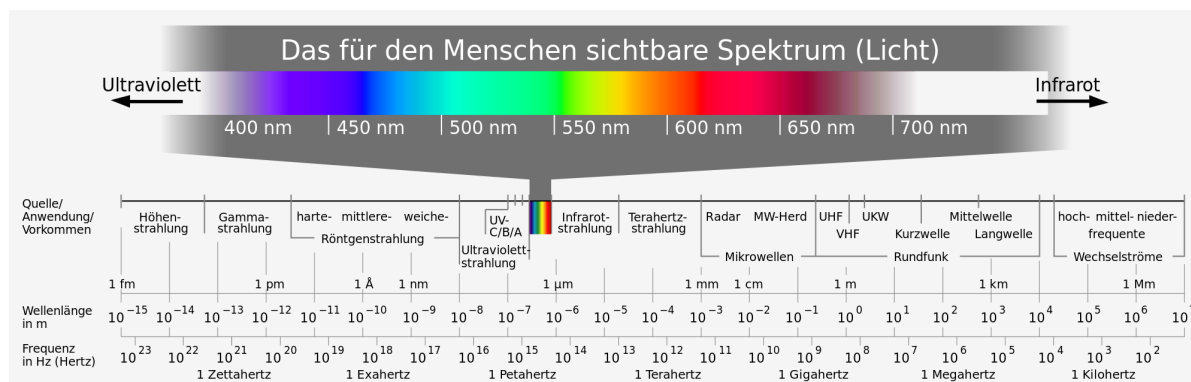
Um zu verstehen, warum uns Dinge farbig erscheinen, muss man die Eigenschaften von Licht betrachten, die Eigenschaft von Elektronen angeregt zu werden und die Eigenschaft von Dingen Licht zu absorbieren. Verbindet man dann diese Vorkenntnisse miteinander, so ist es ein Leichtes nachzuvollziehen, warum wir in einer bunten Welt leben.

Über die Eigenschaften von Licht

Licht spielt in der Erklärung der Farbigkeit eine der größten Rollen, denn ohne Licht sehen wir auch keine Farben. Wenn wir von Licht sprechen meinen wir damit meist den Bereich der elektromagnetischen Strahlung, der für uns sichtbar ist. In der Physik gilt als Licht aber auch der gesamte Bereich der Elektromagnetischen Strahlung.

Elektromagnetische Strahlen haben unterschiedliche Längen welche in Nanometern (nm) gemessen werden. Die für uns als Licht sichtbaren Strahlen haben eine Länge von 380-780 nm. Dieser Bereich wird auch VIS-Bereich genannt, was sich von dem englischen Wort visible ableitet. Sind die Wellenlängen des Lichtes kürzer als 380 nm befindet man sich im Bereich der Ultraviolettstrahlung (kurz UV-Strahlung). Sind die Wellen länger als 780 nm spricht man von der Infrarotstrahlung (kurz IR-Strahlung).

Thema 12



Licht welches uns als weiß erscheint setzt sich aus Licht aller Farbspektren zusammen, wobei jede Farbe von Licht eine andere Wellenlänge hat.

Anfang des 20. Jahrhunderts fand Albert Einstein heraus, das Licht nicht nur in Form von wellenförmigen Strahlen zu betrachten ist, sondern auch als Strom von Energiepaketen definiert werden kann. Diese Energiepakete nennen wir Photonen. Die Energie eines Photons (E) hängt mit der Wellenlänge des Lichtes (λ) zusammen.

$$E = (h \cdot c) / \lambda \quad (h \cdot c = \text{const.})$$

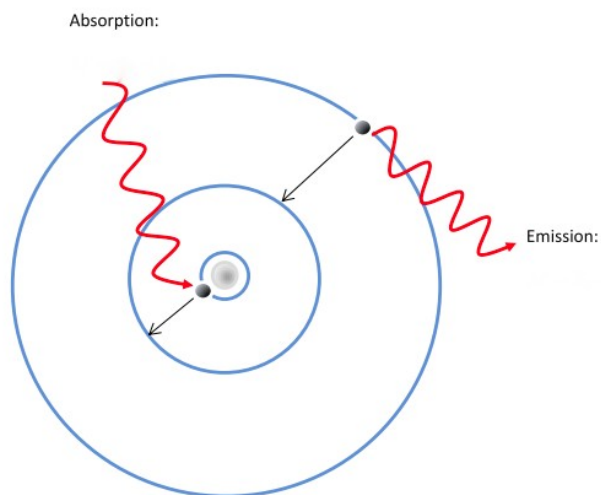
Das bedeutet, je langwelliger das Licht ist, desto geringer ist die Energie der Photonen.

Außerdem kann Licht absorbiert werden, von Molekülen welche fähig sind Energie aufzunehmen, wie z.B. anregbare Elektronen. Diese Moleküle nehmen dann eine bestimmte Menge an Photonen auf.

Anregung von Elektronen

Wenn davon gesprochen wird ein Elektron anzuregen ist damit gemeint es auf ein höheres Energieniveau anzuheben. Dies passiert durch die Zufuhr von Energie. Allerdings unterscheiden sich die Energieniveaus um einen ganz bestimmten Betrag an Energie und genau dieser muss von dem Elektron absorbiert werden, damit es auf ein höheres Niveau angehoben wird. Die Energie muss also genau dem Betrag entsprechen, welcher den Unterschied ausmacht, zwischen der höchsten Energie des niedrigeren Niveaus und der geringsten Energiemenge die für das höhere Energieniveau nötig ist. Und auch nur diese Menge an Energie kann von einem Elektron absorbiert werden, denn jedes Elektron kann nur eine bestimmte Menge an Energie aufnehmen. An Hand des Bohrschen Atommodells ist dies gut nachvollziehbar.

Thema 12



Wenn davon ausgegangen wird, dass sich die negativ geladenen Elektronen auf verschiedenen Bahnen (den Schalen des Modells) um den positiv geladenen Kern befinden, dann entspricht jede Schale einem Energieniveau. Zwischen den Schalen können die Elektronen sich nicht aufhalten, was deutlich macht, dass sie immer nur bestimmte und nicht beliebige Mengen von Energie aufnehmen können.

Durch die Absorption von dieser bestimmten Energiemenge (in diesem Beispiel entspräche die Menge dem Energieunterschied von der K- zur L-Schale) kann ein Elektron eine Schale weiter nach außen „springen“. Durch die größere Menge an negativer Ladung stößt das Elektron sich quasi weiter vom positiv geladenen Kern ab. Sobald die Energiezufuhr beendet wird springt es wieder zurück.

Absorption von Lichtquanten als Energie durch anregbare Elektronen in farbigen Molekülen

Alle farbigen Moleküle enthalten anregbare Elektronen, z.B. in Doppelbindungen oder als delokalisierte Elektronen wie beim Benzol. Wenn diese Elektronen nun von Licht angestrahlt werden, werden sie angeregt und absorbieren dabei Energie. Bei dieser Energie handelt es sich um Photonen. Da ein Elektron immer eine ganz bestimmte Menge an Energie benötigt um auf ein höheres Energieniveau gehoben zu werden, absorbiert es auch nur genau diese Menge. In diesem Fall entspricht diese Menge einer bestimmten Anzahl an Photonen und somit einer bestimmten Wellenlänge eines Lichtstrahls. Und da jede Wellenlänge von Licht einem anderen Farbbereich entspricht, wird auch immer ein anderer Farbbereich absorbiert. Als farbig sehen wir dann das Licht, welches nicht absorbiert, sondern reflektiert wird. Dies entspricht immer genau der Komplementärfarbe zu dem absorbiertem Licht. Ein Beispiel hierfür ist der grüne Pflanzenfarbstoff Chlorophyll. Er absorbiert Lichtstrahlen die ca. einer Länge von 600 nm entsprechen und somit rot scheinen. Reflektiert wird dann die Farbe, welche von dem weißen Licht über bleibt, die Komplementärfarbe zu rot, grün. Unterschiedliche Farben sehen wir also aus dem Grund, dass alle Elektronen unterschiedlich

Thema 12

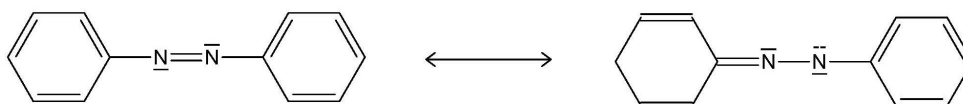
viel Energie benötigen um angeregt zu werden.



Farbkreis: In der Mitte die drei Grundfarben, an welche sich jene anschließen die aus ihrer Mischung entstehen. In dem äußeren Kreis steht jede Farbe ihrer Komplementärfarbe gegenüber.

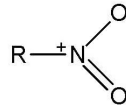
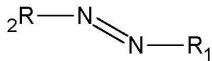
Die wichtigste Eigenschaft eines farbigen Moleküls muss also diese sein, Licht absorbieren zu können. Für diese Funktion sind in jedem Farbstoff die Chromophoren zuständig, welche auch Farbträger genannt werden. Wichtig ist dabei, dass diese Chromophoren delokalisierte Elektronen enthalten, z.B. in Form von Doppelbindungen. Delokalisiert bedeutet hierbei, dass ein Elektronenpaar nicht eindeutig einem Atom zuzuordnen ist. Oft sind dies Doppel- oder Dreifachbindungen, da diese reaktionsfreudig sind und sich aus diesem Grund schnell mit einem anderen Atom binden und ihre Position quasi wechseln.

Hier ein Beispiel für delokalisierte Elektronenpaare am Beispiel Azobenzol, des einfachsten Azofarbstoffes:

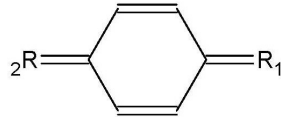


Azobenzol

Thema 12



Verschiede Chromophore, welche alle Doppelbindungen mit anregbaren Elektronen enthalten.

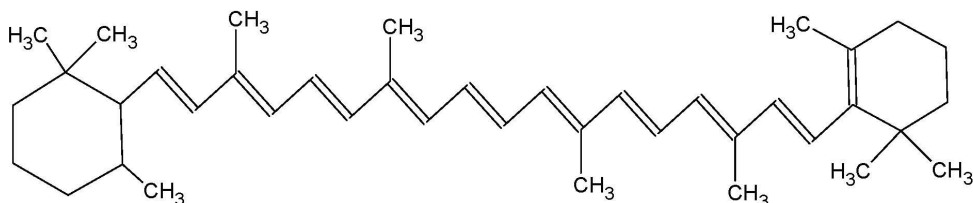


Unterscheidung von Lebensmittelfarbstoffen

Die Lebensmittelfarbstoffe lassen sich in drei Hauptgruppen unterteilen. Die natürlichen Farbstoffe, die naturidentischen Farbstoffe und die synthetischen Farbstoffe.

Natürliche Farbstoffe

Die natürlichen Farbstoffe werden aus natürlichen Rohstoffen, pflanzlichem oder tierischem Ursprungs gewonnen. Wie z.B. das Chlorophyll, welches in der Natur als grüner Pflanzenfarbstoff vorkommt, oder der Farbstoff Karmin, welcher aus der Cochenilleblattlaus gewonnen wird. Eine große Untergruppe der natürlichen Farbstoffe sind die Carotinoide, welche in vielen Lebensmitteln von Natur aus enthalten sind, welche aber auch extrahiert und dann neu verwendet werden. Carotinoide sind z.B. in Karotten, Tomaten, Paprika, Orangen aber auch in Hummer und Lachs enthalten. Das wohl bekannteste ist der Farbstoff aus der Karotte, das β -Carotin.



Strukturformel des Beta-Carotins.

Naturidentische Farbstoffe

Naturidentische Farbstoffe kommen auch in der Natur vor, werden aber inzwischen synthetisch hergestellt, meist aus wirtschaftlichen Gründen. So z.B. auch der gelbe Farbstoff Riboflavin, welcher in Milch, Eiern und Hefe natürlich vorkommt. Das erste mal wurde er aus Milch isoliert, unter dem Namen Lactoflavin. Heutzutage wird er synthetisch hergestellt, hat aber noch genau die gleiche Struktur wie der natürliche Farbstoff und findet Verwendung in Puddingpulver oder Gebäck.

Synthetische Farbstoffe

Die synthetischen Farbstoffe werden industriell hergestellt. Der erste synthetische Farbstoff war Mauvein, welcher 1856 das erste Mal synthetisiert wurde. Die synthetischen Farbstoffe teilen sich in viele Untergruppen, welche hauptsächlich nach unterschiedlichen Chromophoren unterteilt sind. Z.B. gibt es die Triarylmethanfarbstoffe zu denen Patentblau V oder Brillantsäuregrün AS gehören. Verwendet werden sie meist in Süßwaren oder Getränken. Da sie zu großen Teil unverändert wieder ausgeschieden werden gelten sie als relativ unproblematisch.

Azofarbstoffe

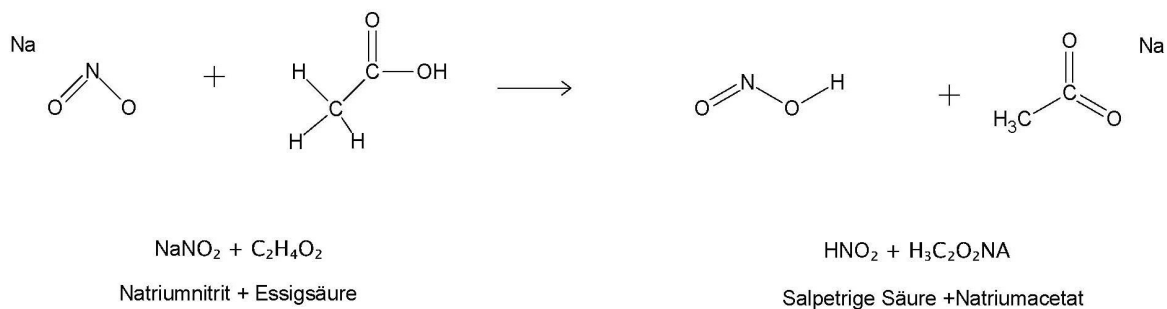
Die größte Gruppe der synthetischen Farbstoffe bilden die Azofarbstoffe Sie enthalten als Chromophor alle die Azogruppe, welche aus zwei Stickstoffatomen besteht die durch eine Doppelbindung verbunden sind. Die allgemeine Formel der Azofarbstoffe lautet dementsprechend so: $R_1-N=N-R_2$. Beide Reste sind in der Regel aromatisch (wie z.B. ein Benzolring). Ausgangskomponente für einen solchen Farbstoff ist aromatisches Amin (Derivat von Ammoniak), wie z.B. Anilin welches aus einem Benzolring und einer Aminogruppe besteht. Die Aminogruppe ist hierbei sehr wichtig, da ihr freier Bindungsarm benötigt wird und in allen Ammoniakabkömmlingen enthalten. In der Industrie sind diese Farbstoffe sehr beliebt, da sie gut mischbar und farbecht sind und besonders kräftige Farben erzielen. Allerdings gelten viele der Azofarbstoffe als krebserregend, stehen im Verdacht ADHS oder Asthma auszulösen, oder sind sehr giftig, so wie Buttergelb, welches schon 1938 verboten wurde.

Synthese eines Azofarbstoffes

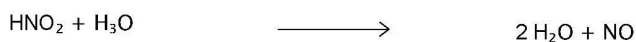
Die Herstellung von Azofarbstoffen ist in zwei Schritte unterteilt, wobei sich der erste wiederum in zwei Schritte unterteilt:

1. Diazotierung
 - a) Bildung des Nitrosylkations
 - b) Bildung des Diazoniumions
2. Azokupplung

Als Beispiel dient nun die Betrachtung der Synthese des Farbstoffes Orange II. Für diese benötigt man Beta-Naphtol als Aromaten, Sulfanilsäure als Anelinderivat (incl. Aminogruppe) außerdem Natriumnitrit, Essigsäure und Ethanol.



Salpetrige Säure reagiert weiter:



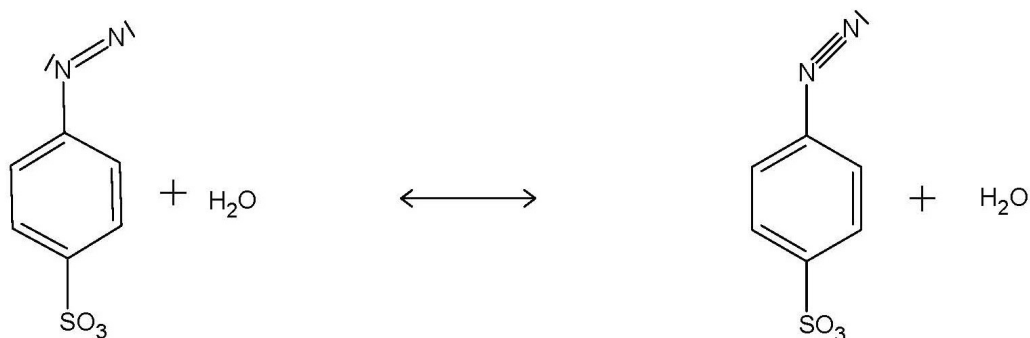
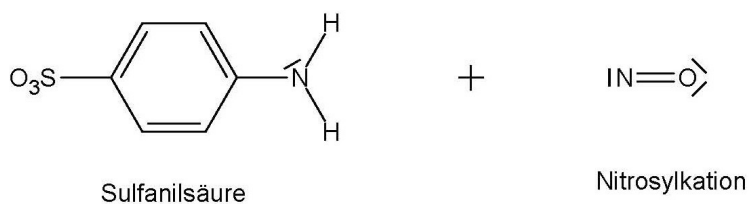
NO ist das Nitrosylkation



1. a)

Als erstes reagiert das Natriumnitrit mit der Essigsäure und wird zu Salpetriger Säure und Natriumacetat. Die Salpetrige Säure reagiert dann weiter im sauren Milieu, wodurch sich das Nitrosylkation von dem Rest isoliert. Dieses ist durch seine vielen Bindungsarme stark elektrophil.

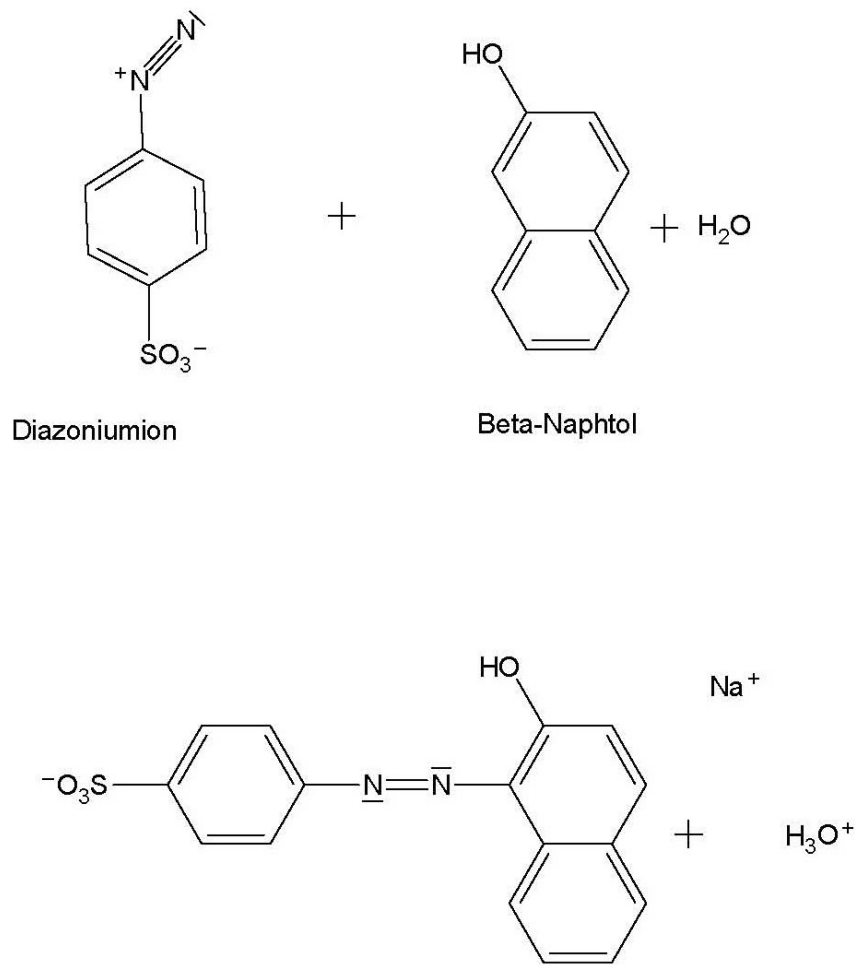
Thema 12



b)

Daraufhin verbindet sich die Sulfanilsäure mit dem Nitrosylkation zu dem Diazoniumion. Es ist wichtig, dass hier ein Substituent mit einer Aminogruppe verwendet wird, da der freie Bindungsarm des Stickstoffes sich mit dem Stickstoffatom des Nitrosylkations verbinden kann. Dadurch entsteht dann eine Doppelbindung zwischen zwei Stickstoffatomen und somit die Azogruppe. Die zwei Wasserstoffatome und das Sauerstoffatom werden zu einem Rest aus Wasser. Dieses Diazoniumion eignet sich auch für eine Mesomerie, bei welcher ein freier Bindungsarm eines Stickstoffatoms sich auch noch mit dem zweiten verbindet, wodurch dann eine Dreifachbindung entsteht.

Thema 12



2.

Der letzte Schritt ist die Azokupplung, bei welcher sich das Diazoniumion mit dem Beta-Naphtol verbindet. Da das Diazoniumion einen starken elektrophilen Charakter besitzt verbindet es sich leicht mit dem Benzolring des Beta-Naphtols. Aus diesem wird ein Wasserstoffatom entfernt, welches den Rest zu H₃O werden lässt.

Orange II C₁₆H₁₁N₂NaO₄S

Als Endprodukt ist nun der Azofarbstoff Orange II entstanden, welcher allerdings nicht zu den Lebensmittelfarbstoffen zählt sondern hier nur als Beispiel diente. Er wird für die Färbung von Wolle, Seide und Kosmetik verwendet.

Echter oder falscher Lachs

Im Laufe dieses Referates habe ich auch einen Versuch durchgeführt, dessen Verlauf und Erklärung ich nun schildern werde. Bei dem Versuch ging es darum, echten Lachs von gefärbtem Lachsersatz zu unterscheiden

Versuchsbeschreibung

Aufbau:

Lachs, Lachsersatz, Ethanol, zwei Reagenzgläser

Durchführung:

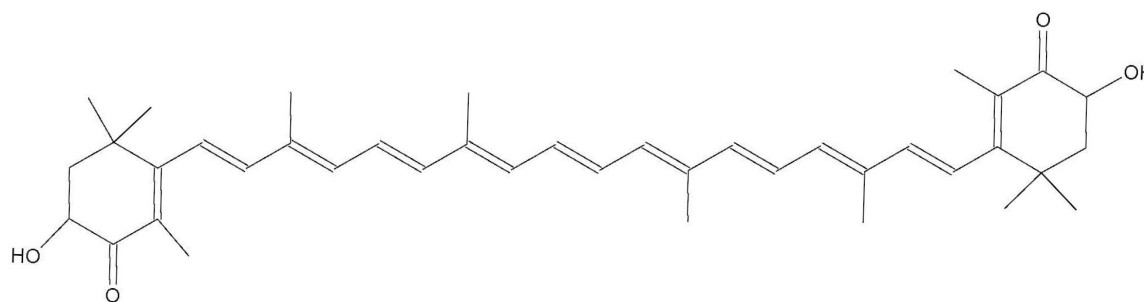
Der Lachs und der Lachsersatz wurden jeweils in eins der Reagenzgläser gefüllt. Danach wurden beide Proben mit Ethanol übergossen und die Reagenzgläser verschlossen und kräftig geschüttelt.

Beobachtung:

Das Ethanol in dem Reagenzglas mit dem Lachsersatz färbe sich leicht orange, das Ethanol in dem Glas mit dem echten Lachs blieb komplett farblos.

Erklärung:

Lachs erhält seine orangene Färbung durch die Einlagerung von Astaxanthin. Astaxanthin ist ein Carotinoid und ist in bestimmten Algenarten aufzufinden, welche es produzieren. Diese Algen werden dann von kleinen Krebstierchen gefressen und lagern das Astaxanthin in ihren Schalen ein. Diese Krebstierchen stellen die Hauptnahrungsquelle der Lachse da. Da der Lachs den Farbstoff in seinem Muskelgewebe einlagert kann er auch durch eine Behandlung mit Ethanol nicht aus dem Fleisch gelöst werden.



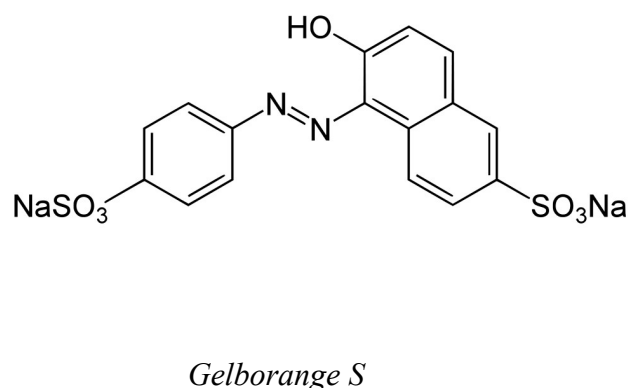
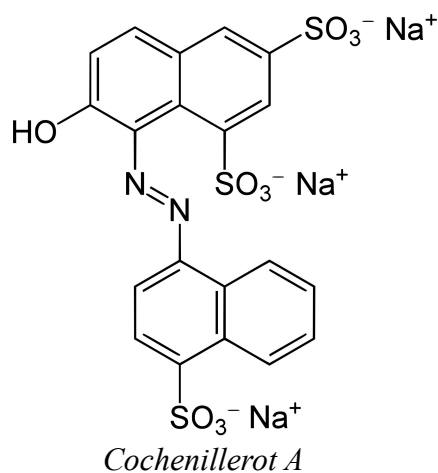
Die Strukturformel von Astaxanthin

Thema 12

Bei der Herstellung von Lachsersatz wird Fisch verwendet, der sowohl günstiger, als auch farbloser ist als Lachs, wie z.B. der Köhler. Der Köhler oder auch Kohlfisch ist auch unter dem Namen Seelachs bekannt, gehört allerdings nicht zur Familie der Lachse. Dieser Fisch wird dann mit Farbstoffen behandelt. Bei diesen Farbstoffen handelt es sich um die beiden Azofarbstoffe Gelborange S und Cochenillerot A. Diese werden verwendet, da sie die für Azofarbstoffe typische Eigenschaft haben, sich gut mischen zu lassen, so dass aus Rot und Gelb ein kräftiges Orange entsteht. Da der Lachsersatz nur äußerlich mit den Farbstoffen behandelt wurde lassen diese sich durch Ethanol von dem Fleisch lösen. Lachsersatz ist in jedem Supermarkt unter diesem Namen erhältlich und unterscheidet sich äußerlich tatsächlich kaum von echtem Lachs.

Gelborange S ist die Nummer E 110 zugeordnet und ein ADI Wert von 1,0, welcher 2005 von 2,5 gesenkt wurde.

Cochenillerot A ist die Nummer E 124 zugeordnet und ein ADI Wert von lediglich 0,7. Es wird als krebserregend eingestuft und steht im Verdacht Symptome des ADHS auszulösen und an der Auslösung von Neurodermitis und Asthma beteiligt zu sein. Auf Produkten welche den Farbstoff enthalten muss ein Warnhinweis stehen, welcher darauf hinweist, dass das Produkt die Aufmerksamkeit von Kindern beeinflussen kann. In den USA, Finnland und Norwegen ist Cochenillerot A bereits verboten.



Der geringe ADI beider Farbstoffe ist schon ein Hinweis für negative Auswirkung auf den menschlichen Körper. Denn durch den ADI ist die tägliche Dosis eines Stoffes definiert, die unbedenklich aufgenommen werden kann. Und je geringer diese Dosis ist, desto bedenklicher ist der Zusatzstoff.

Tabelle aller Lebensmittelfarbstoffe

E Nummer	Name	Farbe	ADI
E 100	Curcumin	Orange-gelb	
E 101	Riboflavin	Gelb	
E 101 a	Riboflavin-5-Phosphat	Gelb	
E 102	Tartrazin	Gelb	7,5
E 104	Chinolingelb	Grün-gelb	0,5
E 110	Gelborange S	Gelb-orange	1
E 120	Karmin	Rot	5
E 122	Azorubin	Rot	4
E 123	Amaranth	Rot	0,8
E 124	Cochenillerot A	Rot	0,7
E 127	Erythrosin	Rot	0,1
E 129	Allurarot AC	Rot	7
E 131	Patentblau V	Hellblau	15
E 132	Indigotin I	Dunkelblau	5
E 133	Brillantblau FCF	Hellblau	0,1
E 140	Chlorophylle	Grün	
E 141	Kupferhaltige Komplexe des Chlorophylle	Grün	15
E 142	Grün S	Grün	5
E 150 a	Zuckerulör	Braun	300 (für E 150 a-d zusammen)
E 150 b	Sulfitlaugen-Zuckerulör	Braun	
E 150 c	Ammoniak-Zuckerulör	Braun	
E 150 d	Ammonsulfit-Zuckerulör	Braun	
E 151	Brillantschwarz BN	Schwarz	5
E 153	Pflanzenkohle	Schwarz	
E 154	Braun FK	Braun	0,15
E 155	Braun HT	Braun	3
E 160 a	Beta-Carotin	Orange-gelb	5

Thema 12

E 160 b	Antto, Bixin, Norbixin	Gelb-orange	1,5 für die Summe von Bixin und Norbixin 2,5 für Anatto
E 160 c	Capsanthin	Orange-rot	
E 160 d	Lycopin	Orange	
E 160 e	Beta-apo-8-Carotinal	Orange-rot	5
E 160 f	Beta-apo-8-Carotinsäureethyl-ester	Orange-rot bis gelb	5
E 161 b	Lutein	Gelb	2
E 161 g	Canthaxanthin	Orange-rot	0,05
E 162	Betanin	Rot-violett	
E 163	Anthocyane	Rot, blau, braun	
E 170	Calciumcarbonat	Weiß	
E 171	Titandioxid	Weiß	
E 172	Eisenoxide und -hydroxide	Gelb, rot, schwarz	
E 173	Aluminium	Metallisch	0,14
E 174	Silber	Silber	
E 175	Gold	Gold	
E 180	Litholrubin BK	Rot	1,5

Quellenverzeichnis:

www.Wikipedia.de

www.chemie.de

www.chids.de

www.grin.com

www.youtube.de/sofatutor

www.youtube.de/theSimpleChemics

www.ChemieLV.net