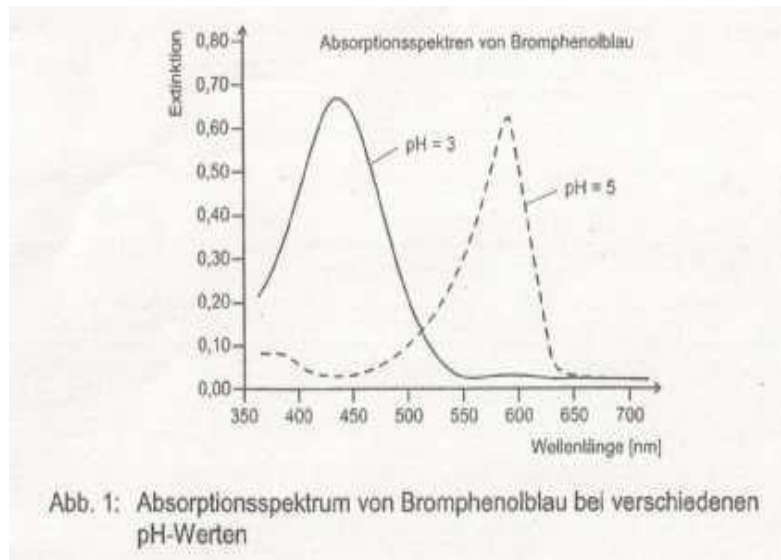


G8 Abituraufgaben Chemie Farbstoffe

2011/B1

Für das Färben von Textilien standen früher ausschließlich Naturstoffe, die aus Pflanzen oder Tieren isoliert wurden, zur Verfügung. Heute kann eine Vielzahl an synthetischen Farbstoffen verwendet werden.

- 1 Triphenylmethanfarbstoffe stellen eine synthetische Farbstoffklasse dar. Bei Bromphenolblau handelt es sich um einen Triphenylmethanfarbstoff, der bei unterschiedlichen pH-Werten unterschiedliche Absorptionsmaxima besitzt und daher als pH-Indikator verwendet werden kann.
- 1.1 Die Absorptionsmaxima von Bromphenolblau werden mithilfe eines Photometers bestimmt. Die Abbildung 1 zeigt die Absorptionsspektren bei unterschiedlichen pH-Werten. Im stark basischen Milieu ($\text{pH} = 13$) tritt eine Entfärbung der Lösung aufgrund der irreversiblen Bildung eines farblosen sog. Carbinols ein.



gelb	orange	rot	violett	blau	grün	Komplementär- farbe
violett	blau	grün	gelb	orange	rot	
390	455	492	577	597	622	770
Wellenlänge [nm]						

Abb. 2: Spektralfarben und Komplementärfarben

- 1.1.1 Leiten Sie den zu beobachtenden Farbumschlag des Indikators beim Übergang von $\text{pH} = 3$ nach $\text{pH} = 5$ ab! [6 BE]
- 1.1.2 Der beschriebene Farbumschlag und die Entfärbung beruhen auf Änderungen der Molekülstrukturen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die auftretenden Strukturen:

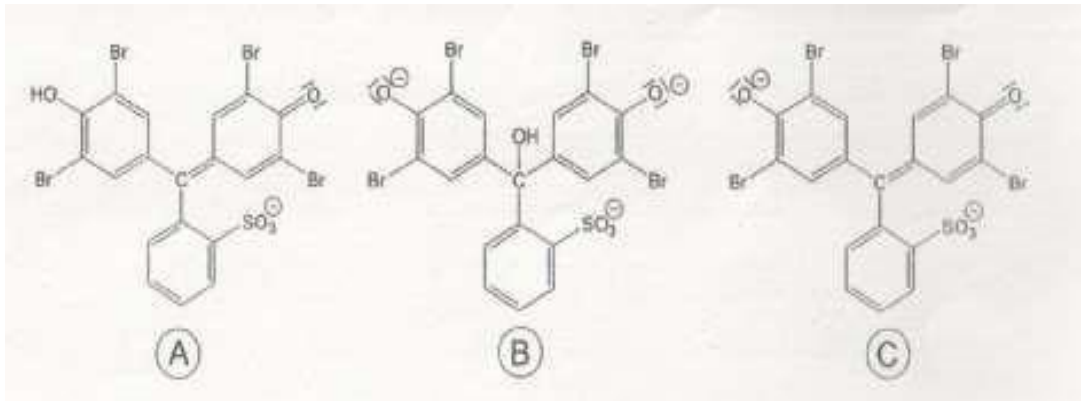


Abb. 3: Strukturformeln von Bromphenolblau bei unterschiedlichen pH-Werten

Ordnen Sie die Strukturen A bis C den drei unter 1.1 genannten pH-Werten zu und begründen Sie Ihre Entscheidung!

Erläutern Sie das unterschiedliche Absorptionsverhalten! [10 BE]

1.2 Indikatoren spielen bei Titrationsen eine wichtige Rolle.

Im Folgenden soll die Konzentration einer wässrigen Essigsäure-Lösung ermittelt werden. Hierzu werden 30 ml der Säure mit Natronlauge der Konzentration $c = 0,10 \text{ mol/l}$ titriert und mithilfe eines pH-Meters die Änderung des pH-Wertes gemessen.

Tab.: pH-Werte nach Zugabe von Natronlauge

Zugabe NaOH in ml	5,0	10	15	17,5	20	22,5	25	30	36
pH-Wert	4,3	4,3	4,7	5,2	6,1	11,5	11,9	12,2	12,3

Zeichnen Sie anhand der angegebenen Messwerte die Titrationskurve und leiten Sie daraus die Anfangskonzentration der Essigsäure sowie deren pK_s -Wert ab!

Beurteilen Sie, ob Bromphenolblau ein für diese Titration geeigneter Indikator ist! [12 BE]

2 Der Farbstoff Indigo wurde zunächst aus dem Färberwaid (*Isatis tinctoria L*) gewonnen. Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte der Chemiker Karl Heumann ein Verfahren zur synthetischen Herstellung von Indigo ausgehend von Anilin (Phenylamin, Aminobenzol).

2.1 Indigo wird als Küpenfarbstoff zum Färben von Baumwolle verwendet.

Erläutern Sie an diesem Beispiel das Prinzip der Küpenfärbung! [6 BE]

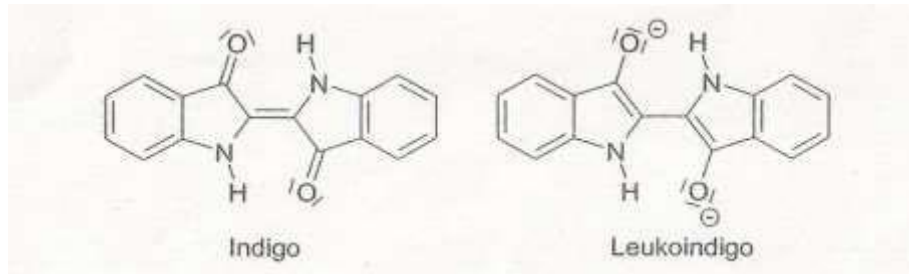
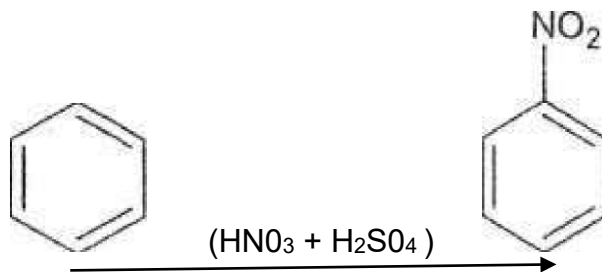


Abb. 4: Strukturformeln von Indigo und Leukoindigo

2.2 Bereits 1826 gelang dem Kaufmann und Apotheker Otto Unverdorben die Darstellung von Anilin aus Indigo. Seit 1873 wird Anilin großtechnisch aus Benzol hergestellt.

Hierbei wird Benzol zunächst mit einem Gemisch aus Schwefelsäure und Salpetersäure nitriert:



In einem ersten Reaktionsschritt entstehen dabei Nitronium-Ionen (NO_2^+):



Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Bildung von Nitrobenzol aus Benzol und Nitronium-ionen (NO_2^+) unter Mitverwendung mesomerer

Grenzstrukturformeln! Der Einfluss eines Katalysators muss nicht berücksichtigt werden.

[6 BE]

2011/B2

Lebensmittelzusatzstoffe werden Nahrungsmitteln zugesetzt, um deren Eigenschaften den Wünschen von Herstellern und Konsumenten anzupassen.

- 1 Bei der Herstellung von Margarine finden Farbstoffe und Emulgatoren Verwendung.
 - 1.1 Bis 1938 wurde in Deutschland Buttergelb zum Färben von Butter und Margarine verwendet. Nachdem man den starken Krebs erregende Wirkung dieses Farbstoffes erkannt hatte, wurde sein Einsatz als Lebensmittelfarbstoff verboten.

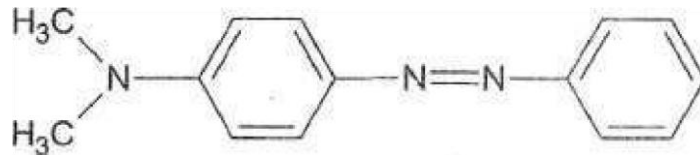


Abb. 1: Strukturformel von Buttergelb

Geben Sie die Strukturformeln der organischen Edukte an, aus denen Buttergelb synthetisiert werden kann, formulieren Sie davon ausgehend die Strukturformelgleichungen der wesentlichen Schritte und benennen

Sie diese Schritte!

[9 BE]

2012/A1

Farbstoffe und Pigmente werden unter. Sammelbezeichnung Farbmittel zusammengefasst. Pigmente sind im Gegensatz zu Farbstoffen in ihrem Anwendungsmedium unlösliche Farbmittel, die unter anderem in der Farben- und Lackproduktion eine Rolle spielen, während Farbstoffe vorwiegend zum Färben von Textilien, Papier und Leder Verwendung finden.

1 Triphenylmethanfarbstoffe werden vor allem zum Färben von Papier, zur Herstellung von Tinten, Kohlepapier, Farbbändern und, als Kosmetik-, Lebensmittel- und Mikroskopier Farben eingesetzt.

1.1 Der Farbstoff Thymol Phthalein liegt je nach pH-Wert entweder in der Lactonform oder in der chinoiden Form vor.

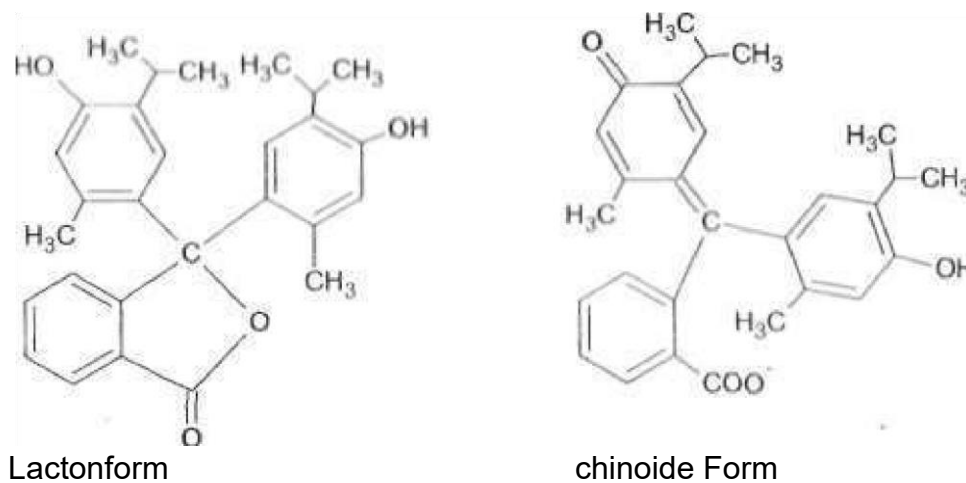


Abb. 1: Strukturformeln von Thymol Phthalein

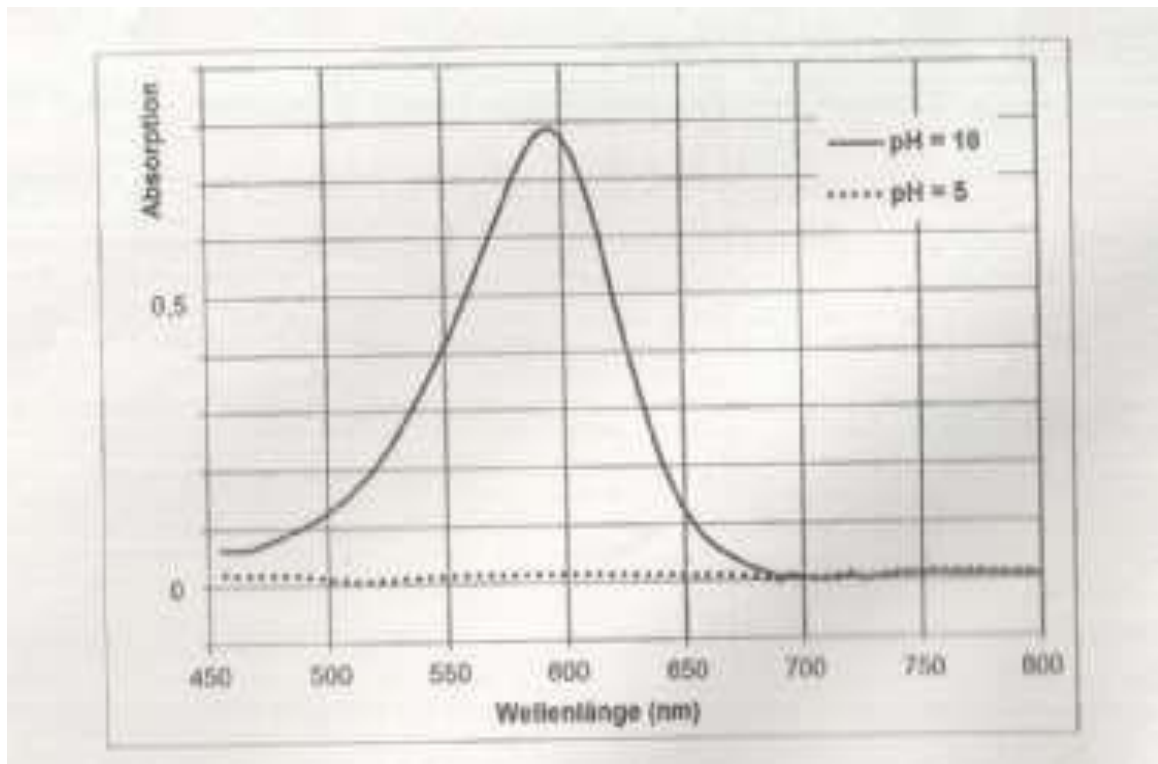


Abbildung.2: Absorptionsspektrum einer Thymolphthaleinlösung bei zwei pH-Werten

Tab: Absorbiertes Licht und Farbe

Tab.: Absorbiertes Licht und Farbe

Wellenlänge λ des absorbierten Lichts [nm]	Farbe des absorbierten Lichts	Farbe der Lösung
400 – 435	Violett	Gelb
435 – 480	Blau	Orange
480 – 500	Grünblau	Rot
500 – 570	Gelbgrün	Purpur
570 – 590	Gelb	Violett
590 – 610	Orange	Blau
610 – 700	Rot	Blaugrün

Ordnen Sie den beiden Kurven die jeweilige Thymol Phthalein-Struktur (Lactonform bzw. chinoide Form) zu, begründen Sie Ihre Aussage auf Basis der jeweiligen Molekülstruktur und leiten Sie mithilfe der angegebenen Tabelle die Farbe der beiden Thymol Phthalein-Formen ab!

9BE

2 Entscheidend für die Farbe eines Farbstoffes ist die Struktur seiner Moleküle. Aus dem farblosen Phenol kann man durch Einführen dreier jeweils gleicher Substituenten am C2-, C4 und C6-Atom einen Farbstoff erhalten. Folgende Substituenten stehen zur Auswahl:

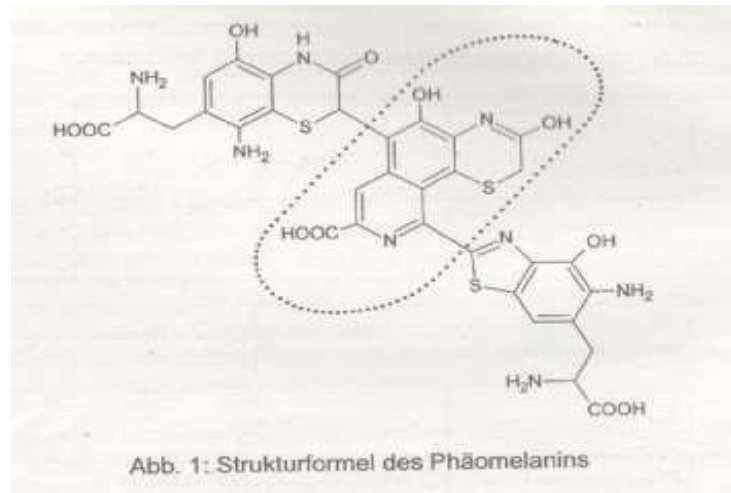
- Nitrogruppe,
- Aminogruppe,
- Hydroxygruppe.

Erläutern Sie unter Mitverwendung von Grenzstrukturformeln, welcher der drei Substituenten die oben beschriebene Änderung der Farbe ermöglicht!

[7 BE]

2012 A2

- 2 Die Haarfarbe eines Menschen wird durch eine Mischung von Pigmenten, den Melaninen, bestimmt.
- 2.1 Beim Menschen treten vor allem zwei Melaninvarianten auf. Eumelanin dominiert in braunem und schwarzem Haar, während Phäomelanin, als Rotpigment für blonde und rote Haare verantwortlich ist.



Erläutern Sie unter Mitverwendung einer weiteren Grenzstrukturformel des markierten Bereichs die Bedeutung verschiedener Molekülbestandteile für die Farbigkeit von Phäomelanin!

[9 BE]

2013/A2

2.2 Das bei der Schwefelung zugesetzte Schwefeldioxid reagiert auch mit Farbstoffen des Weines. Abbildung 3 zeigt eine solche Reaktion mit einem roten Farbstoff im Wein.

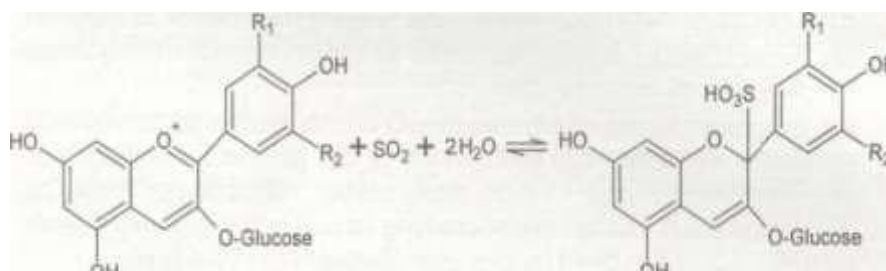


Abb. 3: Reaktion eines roten Farbstoffs bei der „Schwefelung“² Abbildungen:

<http://www.weinakademie.at/Schwefeln>

Beurteilen Sie die Auswirkung des Schwefelns auf die Farbe des Weins! [5 BE]

2013/B1

Zum Färben von Seide wurde bereits in der Antike Cochenille verwendet, das aus Schildläusen gewonnen wird. Hauptbestandteil von Cochenille ist Karminsäure.

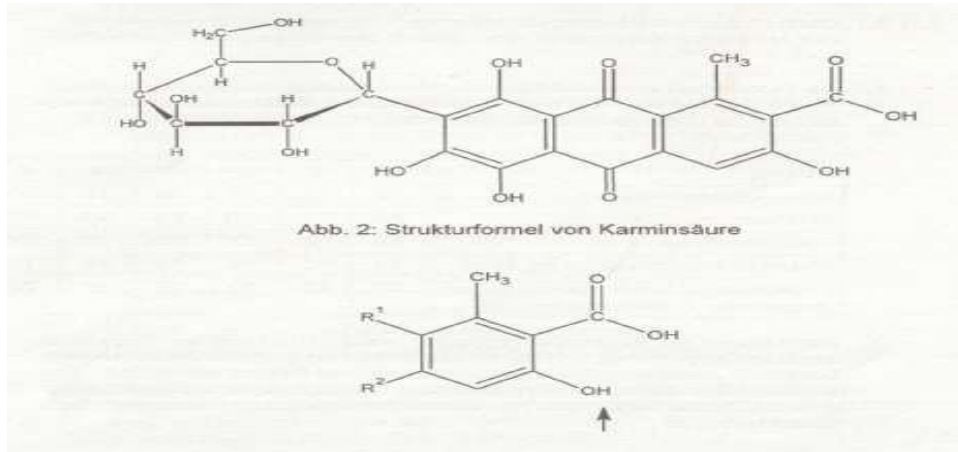


Abb. 3: Ausschnitt aus der Strukturformel von Karminsäure

Die in der Abbildung 3 gekennzeichnete Hydroxygruppe des Karminsäure-Moleküls unterscheidet sich in ihrer Acidität deutlich von der Hydroxygruppe des Phenolmoleküls. Erklären Sie dies anhand von Grenzstrukturformeln! [8 BE]

2013/C2

3 Aromatische Stickstoffverbindungen dienen als Ausgangssubstanzen für die Synthese von Azofarbstoffen.

Der Farbstoff Dispersionsorange 3 wurde lange zur Färbung von Textilfasern eingesetzt, bis seine Allergie auslösendes Potenzial entdeckt wurde.

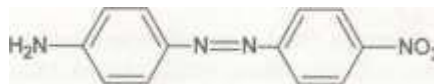


Abb. 4: Strukturformel von Dispersionsorange 3

Für die Herstellung von Dispersionsorange 3 ist nur eines der folgenden Edukt Paare geeignet:

	Edukt A	Edukt B
I	1,4-Diaminobenzol	Nitrobenzol
II	1-Amino-4nitrobenzol	Anilin (Aminobenzol)
III	Nitrobenzol	Anilin (Aminobenzol)

Zeichnen Sie die Strukturformeln der angegebenen Edukte, geben Sie an, welches Eduktpaar zur Herstellung von Dispersionsorange 3 geeignet ist, und erläutern Sie Ihre Aussage! [7 BE]

2013/C2

2 Zum Einfärben von Polyurethan-Fasern kann ein Azofarbstoff verwendet werden, der aus den unten angegebenen Komponenten hergestellt wird:

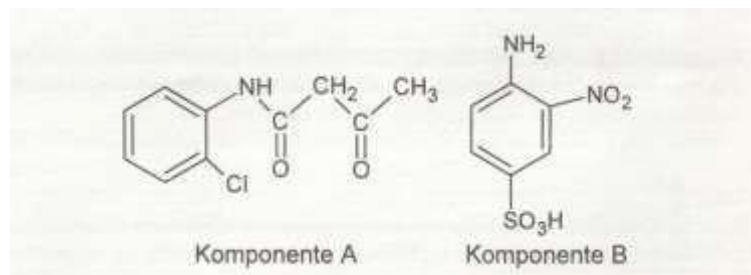


Abb. 3: Komponenten zur Synthese eines Azofarbstoffes

2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen der Synthese eines Azofarbstoffes aus den Komponenten A und B! Benennen Sie die Reaktionsschritte! [7 BE]

2.2 Ermitteln Sie mithilfe des Farbkreises, in welchem Wellenlängenbereich ein gelber Azofarbstoff das Licht absorbiert, und skizzieren Sie ein entsprechendes Absorptionsspektrum! [4BE]

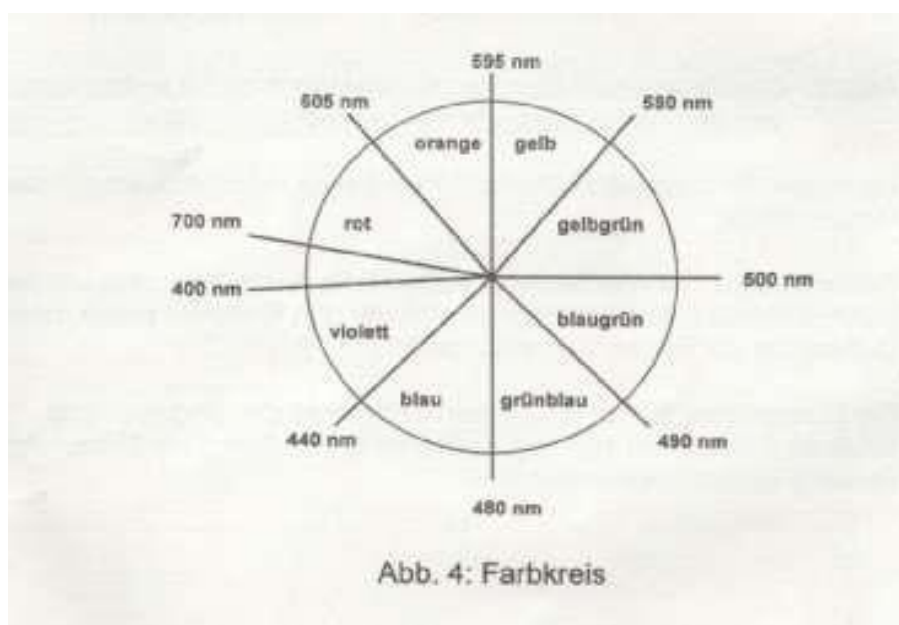


Abb. 4: Farbkreis

2014 C1

Anthocyane sind eine Gruppe von Polyphenolen, die in den Blüten und Früchten vieler Pflanzen enthalten sind. Cyanidin-3-O-β-glucosid ist ein in Brombeeren vorkommendes Anthocyan, dessen Farbe je nach pH- Wert der Lösung variiert.

Cyanidin-3-O- β -glucosid Cyanidin-3-O- β -glucosid

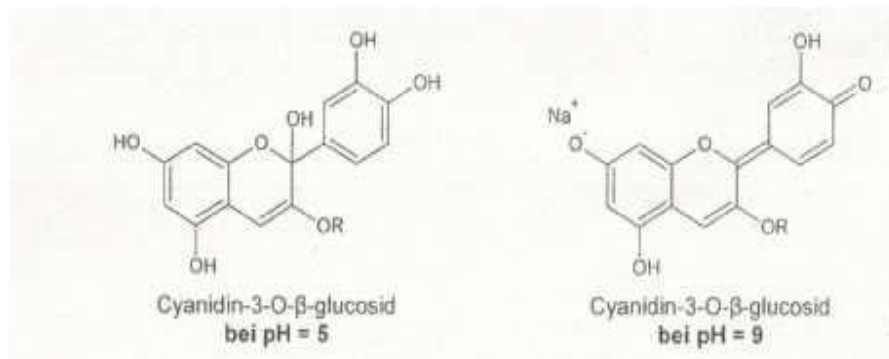


Abb. 3: Strukturformeln von Cyanidin-3-O- β -glucosid bei verschiedenen pH-Werten (R: β Glucopyranose)

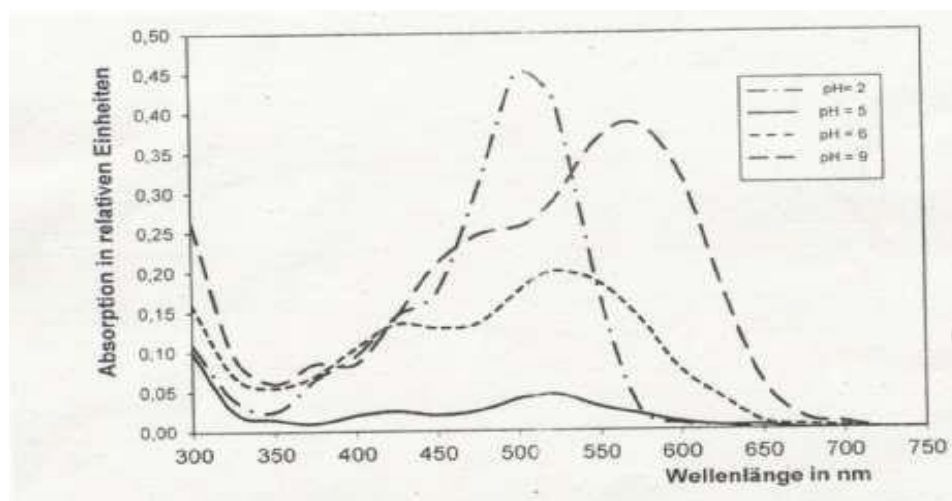


Abb. 4: Absorptionsspektren einer Cyanidin-3-O- β -glucosid-Lösung bei unterschiedlichen pH-Werten²

Abbildungen und Tabellen:2 verändert nach: T. Borkowski et al.: *The effect of 3-O- β -glucosylation on structural transformations of anthocyanidins*, In: *Food Research international*. 38, 2005, S. 1034

Tab. 2: Absorbiertes Licht und Farbe

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400 - 435	Violett	Gelb
435-480	Blau	Orange
480 - 500	Grünblau	Rot
500 - 570	Gelbgrün	Purpur
570 - 590	Gelb	Violett

590-610	Orange	Blau
610-700	Rot	Blaugrün

Ermitteln Sie die jeweilige Farbe von Cyanidin-3-O- β -glucosid bei **pH = 5** und **pH = 9!**

Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der jeweiligen Molekülstruktur und der Farbigkeit von Cyanidin-3-O- β -glucosid bei diesen beiden unterschiedlichen pH-Werten!

[10 BE]

5 Phenolische Bestandteile von Traubensaft haben einen Einfluss auf den Geschmack der aus diesem Saft hergestellten Weine. In hohen Konzentrationen führen sie zu einem bitteren Aroma im Wein. Zur Entfernung dieser unerwünschten Komponenten setzt man dem Wein das Polymer Polyvinylpyrrolidon (PVP) in Pulverform zu, um die phenolischen Stoffe nach Adsorption am Polymer herausfiltern zu können. Die Synthese des Polymers erfolgt bei Anwesenheit von Radikalen, ausgehend von Vinylpyrrolidon-Monomeren.

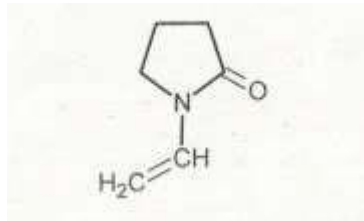


Abb. 5: Strukturformel von Vinylpyrrolidon

5.1 Formulieren Sie den Mechanismus der Synthese eines zwei Monomere umfassenden Ausschnittes eines Polyvinylpyrrolidon-Moleküls! [7 BE]

5.2 Zeigen Sie anhand einer beschrifteten Skizze, wie phenolische Bestandteile im Wein an dem zugesetzten Kunststoff adsorbieren können! [4 BE]

2014 C2

Die Farbe von Medikamenten ist wichtig für deren Identifizierung, hat aber auch, wie Studien belegen, einen Einfluss auf die Wirksamkeit und die Akzeptanz beim Kunden. Die Ambroxol-Tabletten eines deutschen Herstellers enthalten zwei Lebensmittelfarbstoffe: Der rote Amarant (E 123) gehört zu den Azofarbstoffen. Das blaue Indigocarmin (E 132) ist chemisch eng mit dem Textilfarbstoff Indigo verwandt.

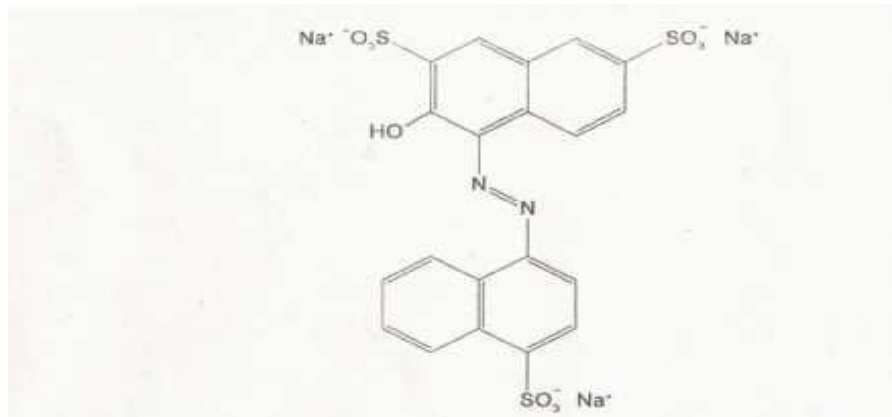


Abb. 3: Strukturformel von Amarant

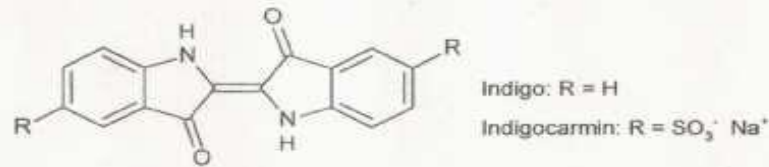


Abb. 4: Strukturformeln von Indigo und Indigocarmine

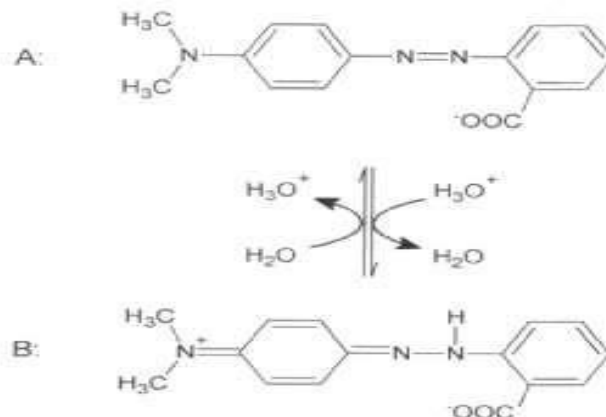
5.3 Die Synthese von Amarant erfolgt ausgehend von zwei reaktiven aromatischen Komponenten in zwei Schritten.

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese! [8 BE]

5.4 Begründen Sie anhand der Strukturformel, warum Indigocarmine im Gegensatz zu Indigo zum Färben von wässrigen Arzneimittel-Lösungen geeignet ist! [4 BE]

2015/C1

4 Das für den Farbumschlag entscheidende Protolyse Gleichgewicht des Indikators Methylrot wird mit folgender Gleichung



ng

beschrieben:

Abb. 3: Protolyse Gleichgewicht des Anions von Methylrot

4.1 Die folgende Abbildung zeigt die Absorptionsspektren von Methylrot bei verschiedenen pH-Werten in wässriger Lösung:

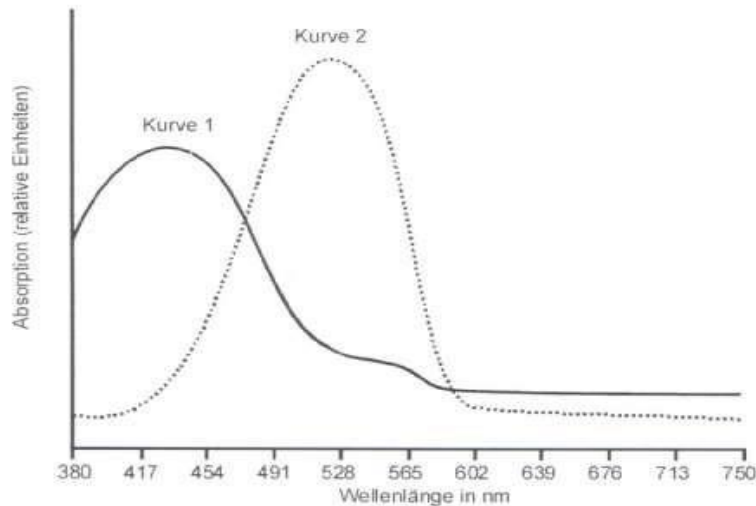


Abb. 4: Absorptionsspektren von Methylrot bei verschiedenen pH Werten¹

¹experimentelle Messung mit Novospec II und analytik.net am 02.02.2014

Ordnen Sie die beiden Graphen den Strukturformeln A und B zu und begründen Sie Ihre Aussage unter Mitverwendung von Grenzstrukturformeln!
[9 BE]

4.2 Die Synthese von Methylrot erfolgt ausgehend von zwei reaktiven aromatischen Komponenten in zwei Schritten.

Formulieren Sie Strukturformelgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese!
[7 BE]

2016/ B 2 Lutein

Das Xanthophyll Lutein wird in der Lebensmittelindustrie als Farbstoff verwendet. Es wird überwiegend aus den Blütenblättern der Studentenblume (*Tagetes spec.*) gewonnen.

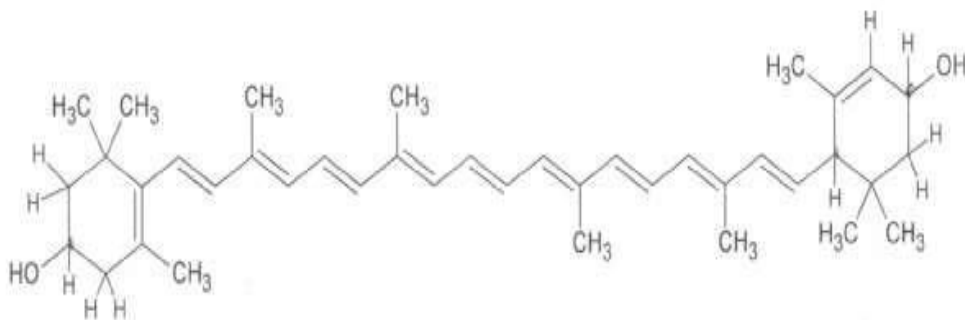


Abb. 1: Strukturformel von Lutein

1 Lutein ist ein chirales Molekül, das in Membransystemen pflanzlicher Zellen vorkommt.

1.1 Geben Sie eine Definition für den Begriff Chiralität an und markieren

Sie in Abbildung 1 alle Chiralitätszentren im Molekül! [4 BE] 1.2

Phospholipide sind ein wesentlicher Bestandteil pflanzlicher Membranen.

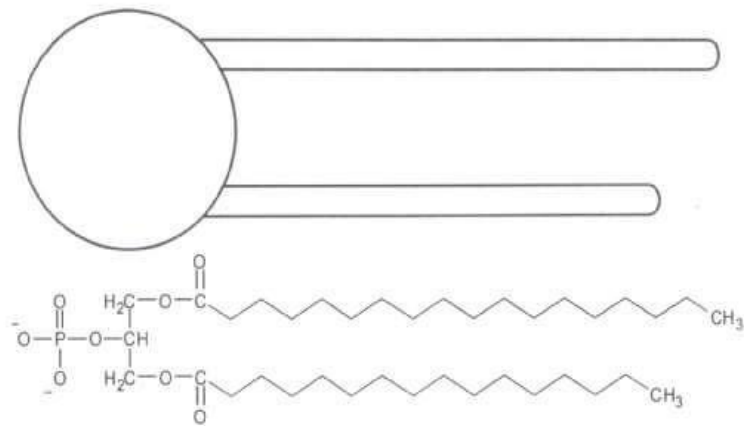


Abb. 2: Schematische Darstellung und Strukturformel eines Phospholipids

1.2.1 Vergleichen Sie den Aufbau des dargestellten Phospholipids mit dem eines Fettmoleküls! [4 BE]

1.2.2 Farbstoffmoleküle können in unterschiedlichen Bereichen pflanzlicher Membranen vorkommen. Die folgende Abbildung zeigt einen schematischen Ausschnitt aus einer Membran mit zwei Vorschlägen für Positionen von Lutein-Molekülen:

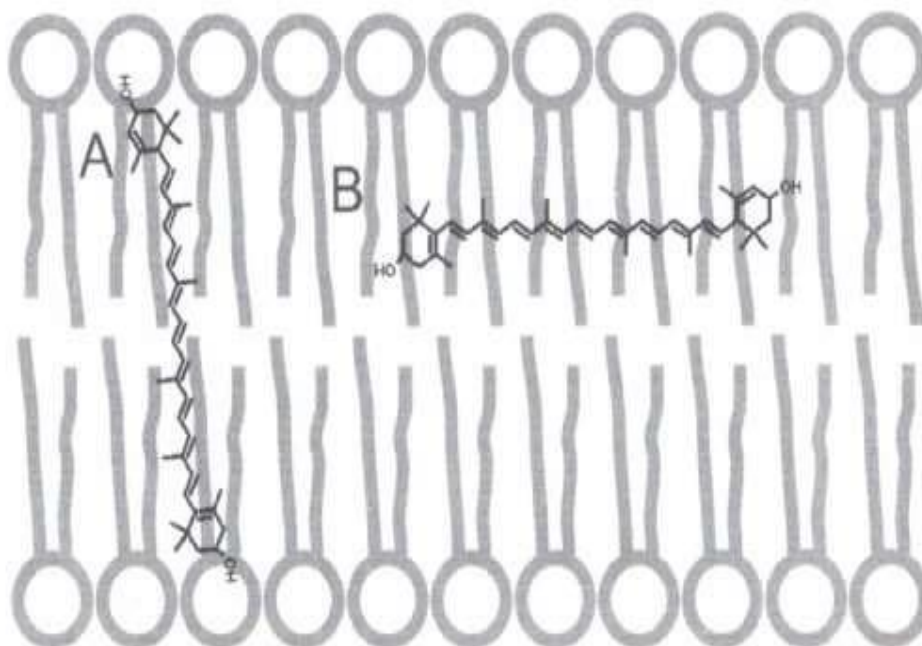


Abb. 3: Schematische Darstellung einer pflanzlichen Membran und Vorschläge A und B für Positionen von Lutein-Molekülen₁

Vergleichen Sie die zwei dargestellten Ausrichtungsmöglichkeiten der Lutein-Moleküle hinsichtlich ihrer Stabilität und begründen Sie Ihre Aussagen unter Angabe jeweils auftretender zwischenmolekularer Kräfte! [8 BE]

2 Durch Oxidation von Lutein entstehen Keto-Luteine, die u. a. in der Lebensmittelindustrie verwendet werden.

2.1 Vor einigen Jahren gelang es, die Acker-Schmalwand (*Arabidopsis thaliana*) gentechnisch so zu verändern, dass sie neben Lutein auch 4-Keto-Lutein synthetisiert.

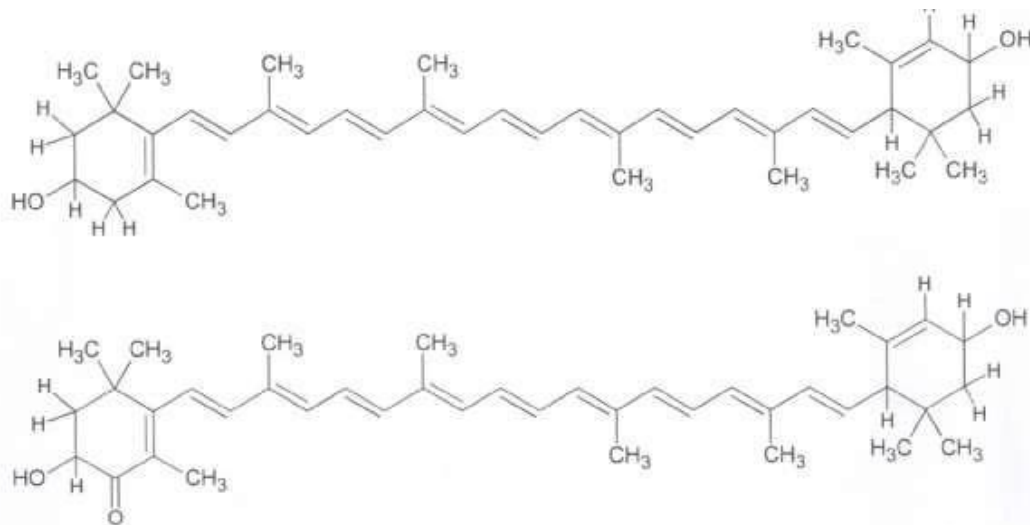


Abb. 4: Strukturformeln von Lutein und 4-Keto-Lutein

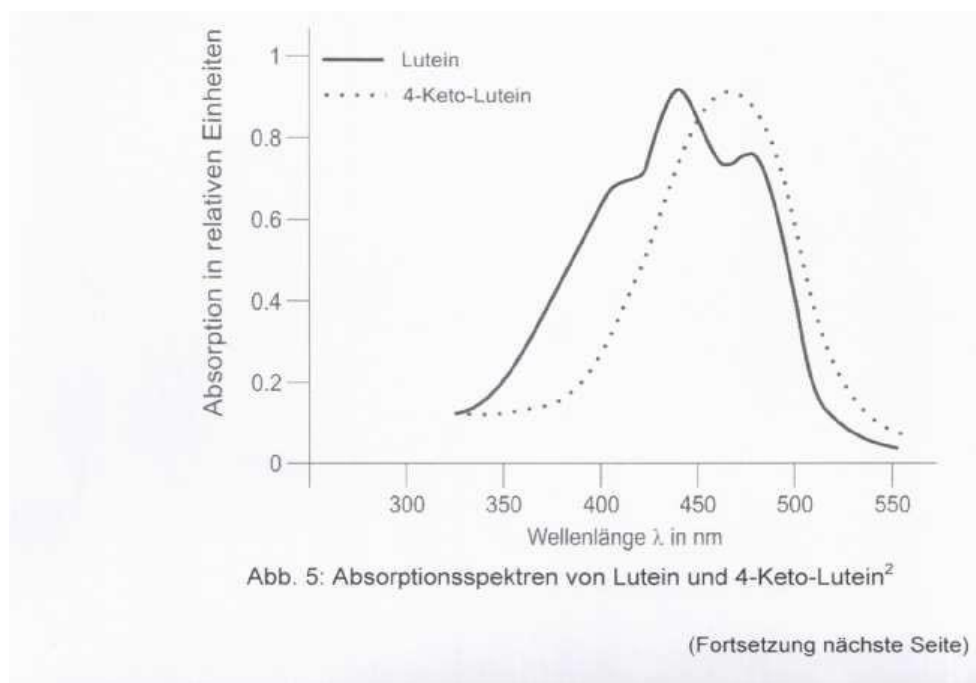


Abb. 5: Absorptionsspektren von Lutein und 4-Keto-Lutein²

(Fortsetzung nächste Seite)

Abb. 5: Absorptionsspektren von Lutein und 4-Keto-Lutein²

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: Tan, Chen et al.: *Liposomes as delivery systems for carotenoids: comparative studies of loading ability, storage stability and in vitro release*. In: *Food & Function* (2014) 5, S. 1232-1240

² verändert nach: K. Stålberg et al.: *Synthesis of ketocarotenoids in the seed of Arabidopsis thaliana*. In: *The Plant Journal* (2003) 36, S. 771-779

Tab.: Zusammenhang zwischen Wellenlänge des absorbierten Lichts und der Farbe der entsprechenden Lösung

Wellenlänge λ des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Farbe der Lösung
400 - 435	Violett	Gelb
435 - 450	Blauviolett	Gelb-Orange
450 - 480	Blau	Orange-Rot
480 - 500	Blaugrün	Rot
500 - 570	Gelbgrün	Purpur
570 - 590	Gelb	Violett
590 - 610	Orange	Blau
610 - 700	Rot	Blaugrün

Begründen Sie anhand der Absorptionsspektren in Abbildung 5, in welchen Farben beide Verbindungen für das menschliche Auge erscheinen, und erläutern Sie den Unterschied anhand der

Strukturformeln! [8 BE]

2.2 Durch Wasserstoffperoxid lassen sich die beiden Hydroxygruppen des

Luteins in einer leicht angesäuerten Lösung zu Ketogruppen oxidieren.

Begründen Sie, ob sich das Absorptionsmaximum des

Oxidationsprodukts stark von dem des Luteins unterscheidet! [4 BE]

3 Durch den Zusatz eines Farbstoffs sollte der Geschmack eines Lebensmittels nicht verändert werden. Deshalb muss auch die Acidität der funktionellen Gruppen von Farbstoff-Molekülen betrachtet werden. 3.1 Die Acidität der Hydroxylgruppen im Lutein-Molekül unterscheidet sich deutlich von der Acidität der Hydroxygruppe im Phenol-Molekül. Erläutern Sie die unterschiedliche Acidität anhand der Stabilität der bei der Protolyse jeweils entstehenden Anionen! Nicht an der

Protolyse Reaktion beteiligte Molekülteile können abgekürzt werden.

[6BE]

3.2 Der pK_s-Wert schwacher Säuren kann durch Halbtitration ermittelt werden.

Erläutern Sie das Prinzip der Halbtitration! [6 BE]

Abbildungen und Tabellen:

¹ verändert nach: Tan, Chen et al: *Liposomes as delivery systems for carotenoids: comparative studies of loading ability, storage stability and in vitro release*. In: *Food & Function* (2014) 5, S. 1232-1240

² verändert nach: K. Stålberg et al.: *Synthesis of ketocarotenoids in the seed of Arabidopsis thaliana*. In: *The Plant Journal* (2003) 36, S. 771-779

2017/C3

- 3 Das Fleisch von Wildlachsen ist dunkelrot gefärbt, da die Fische den Farbstoff Astaxanthin mit ihrer Nahrung aufnehmen. Zur Herstellung von billigem Lachsersatz werden Seelachsfilets mit Gelborange S oder Cochenille rot A rotorange gefärbt.

Astaxanthin gehört wie auch β -Carotin zur Gruppe der β -Carotinoide.

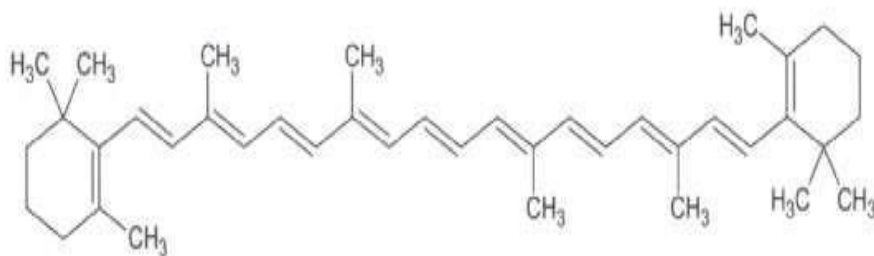


Abb. 4: Strukturformel von β -Carotin

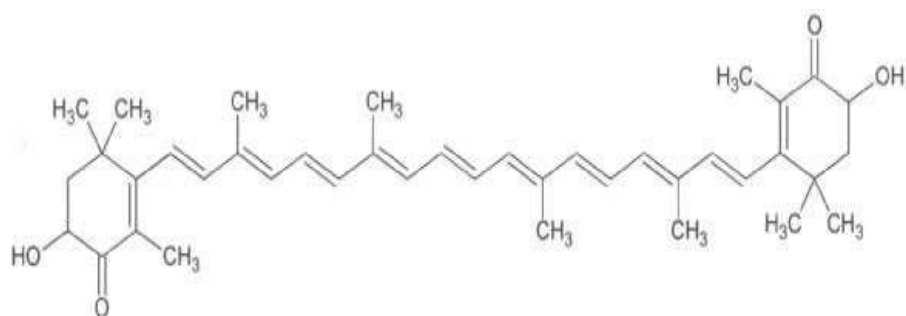


Abb. 5: Strukturformel von Astaxanthin

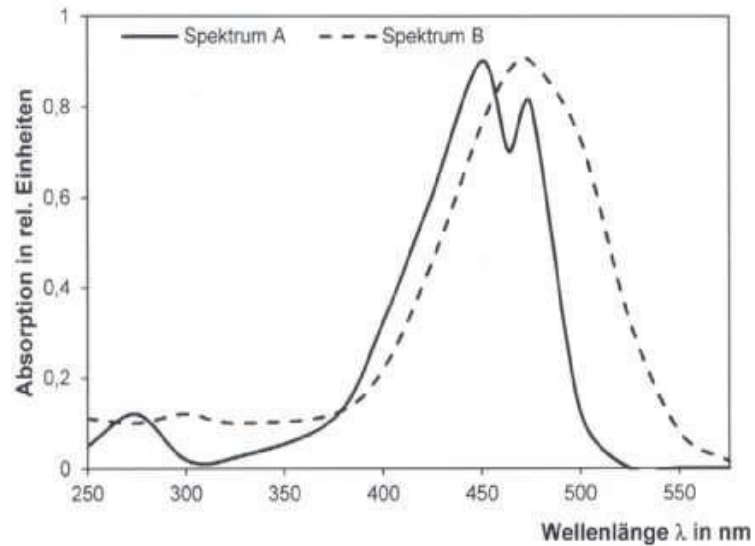


Abb. 6: Absorptionsspektren A und B²

- 3.1 Ordnen Sie die Absorptionsspektren A und B den Stoffen Astaxanthin und β -Carotin zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. [6 BE]
- 3.2 Cochenillerot A ist ein synthetischer Azofarbstoff

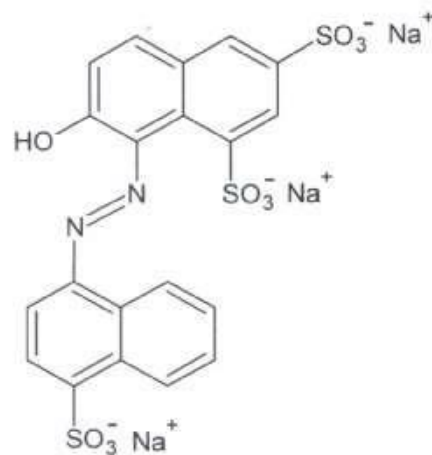


Abb. 7: Strukturformel von Cochenillerot A

Die Synthese erfolgt ausgehend von zwei reaktiven aromatischen Komponenten in zwei Schritten.

Formulieren Sie für die beiden Syntheseschritte die Strukturformelgleichung und benennen Sie diese beiden Syntheseschritte

2018/C1

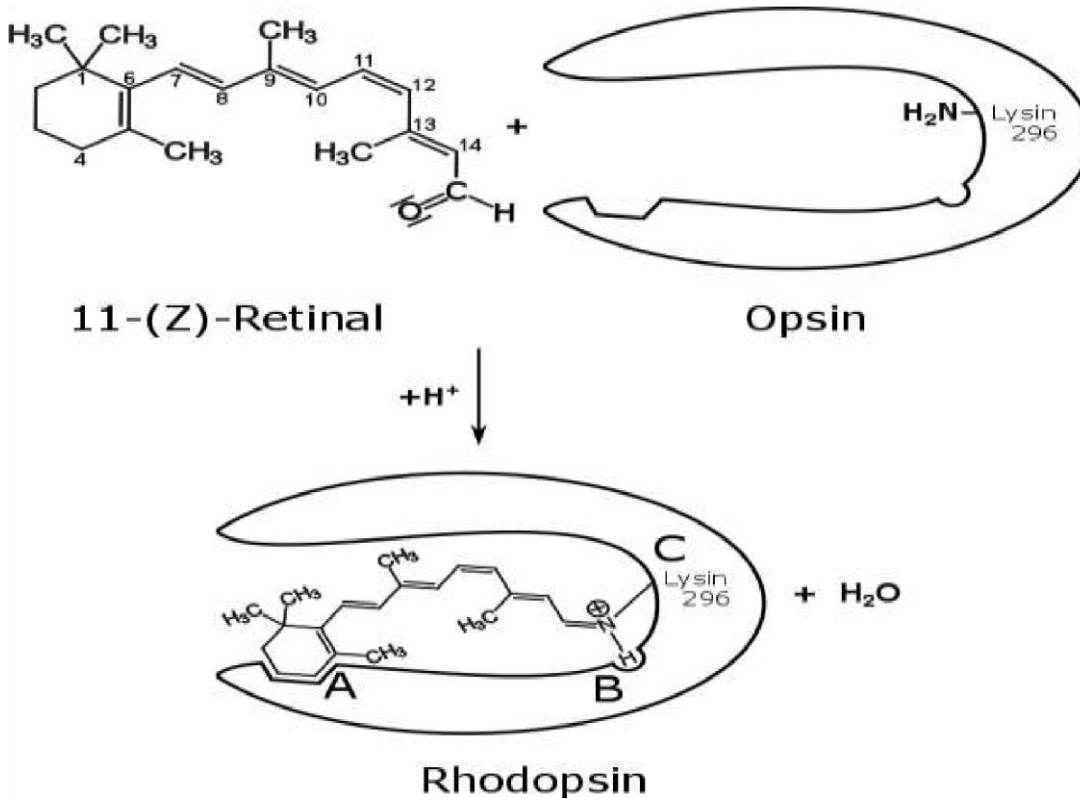


Abb. 1: Schematische Darstellung der Bindung von 11-(Z)-Retinal an Opsin

- 5 Begründen Sie am Beispiel des 11-(Z)-Retinal-Moleküls (Abb. 1) den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit unter Verwendung einer weiteren mesomeren Grenzstrukturformel. [7 BE]
- 6 Opsin kann auch das Molekül „C15-Retinal“ binden. Das dabei entstehende Produkt zeigt eine andere Lichtabsorption als das Rhodopsin. Die Absorptionsspektren der beiden Moleküle sind in Abbildung 5 dargestellt.

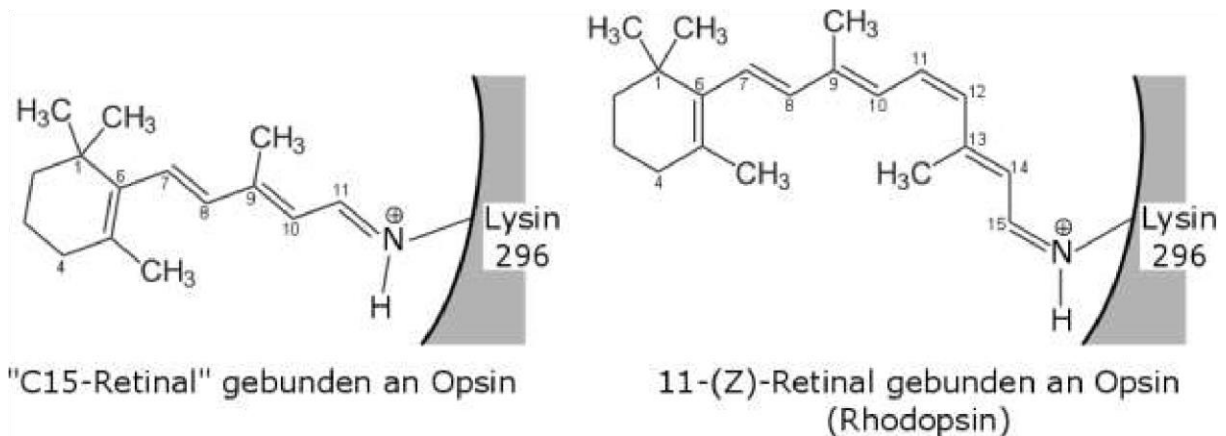


Abb. 4: An Opsin gebundenes „C15-Retinal“ (links), an Opsin gebundenes 11-(Z) -Retinal (rechts)²

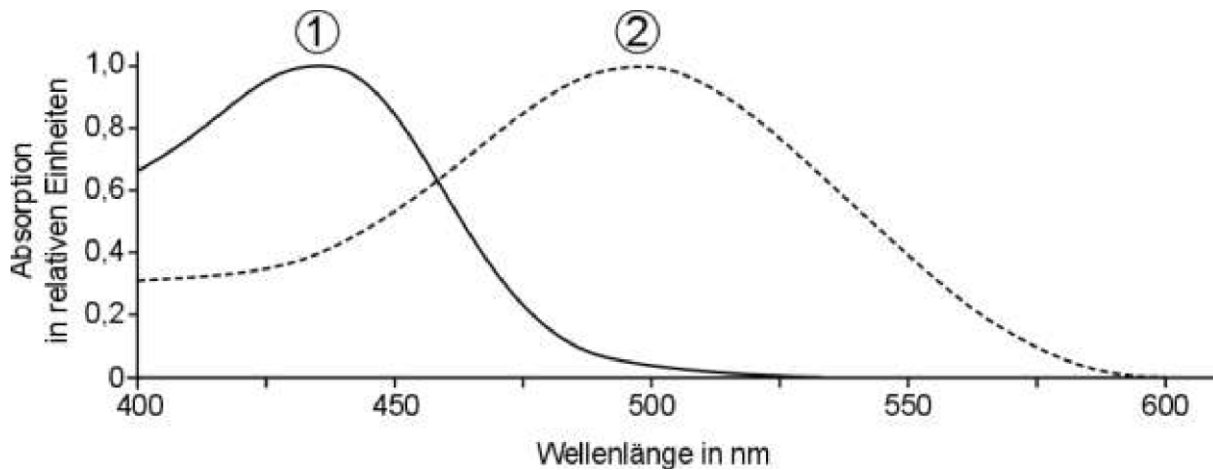


Abb. 5: Absorptionsspektren der beiden Moleküle³

2 verändert nach: L. Lei et al.: *Accumulation and autofluorescence of phagocytized rod outer segment material in macrophages and microglial cells*. In: *Molecular Vision* 18 (2012), S. 103-113
 verändert nach: K. S. Lee et al.: *Probing wavelength regulation with an engineered rhodopsin mimic and a C15retinal analogue*. In: *ChemPlusChem* 77 (2012), S. 273-276
 3 verändert nach: L. Lei et al.: *Accumulation and autofluorescence of phagocytized rod outer segment material in macrophages and microglial cells*. In: *Molecular Vision* 18 (2012), S. 103-113 verändert nach: K. S. Lee et al.: *Probing wavelength regulation with an engineered rhodopsin mimic and a C15-retinal analogue*. In: *ChemPlusChem* 77 (2012), S. 273-276

Tab. 1: Absorbiertes Licht und Farbe

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400 – 440	Violett	Gelb
440 – 480	Blau	Orange
480 – 500	Grünblau	Rot
500 – 570	Gelbgrün	Purpur
570 – 590	Gelb	Violett
590 – 610	Orange	Blau
610 – 700	Rot	Blaugrün

Ordnen Sie die Spektren 1 und 2 den beiden Molekülen zu und begründen Sie Ihre Zuordnung. Ermitteln Sie die Farben der beiden Stoffe. [8 BE]

7 Durch die Belichtung wird 11-(Z)-Retinal in seiner Struktur verändert und muss in einem mehrstufigen Prozess wieder zurückgebildet werden. In einer dieser Stufen katalysiert das Enzym RPE65 die Bildung von 11-(Z)-Retinol aus einer Vorstufe. Die Aktivität dieses Enzyms kann durch die Zugabe verschiedener Stoffe beeinflusst werden. Das folgende Diagramm zeigt die Abhängigkeit der Bildungsgeschwindigkeit von 11-(Z)-Retinol von der Konzentration zweier Wirkstoffe.

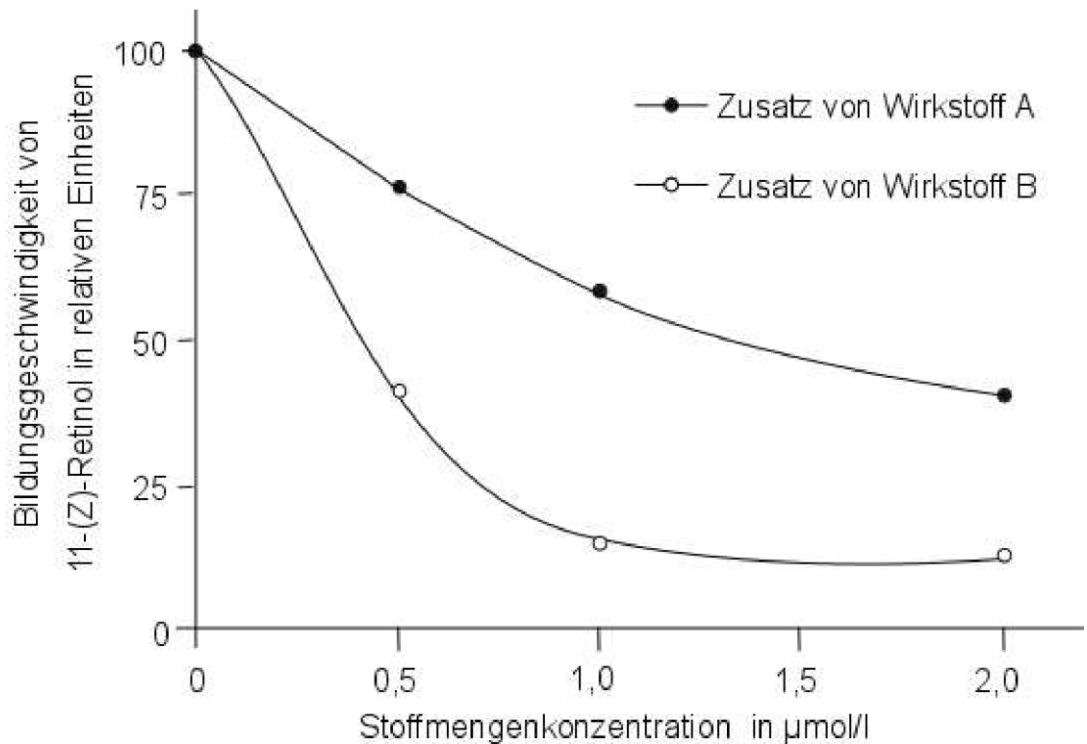


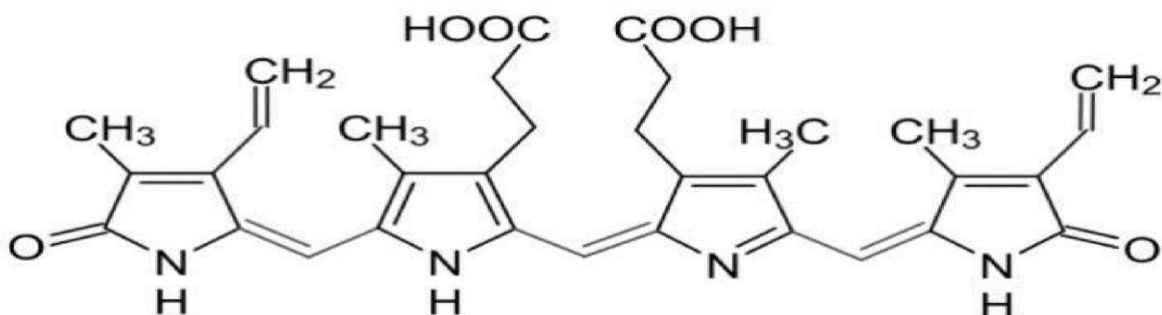
Abb. 6: Abhängigkeit der Geschwindigkeit der 11-(Z)-Retinol-Bildung von der Stoffmengenkonzentration der zugesetzten Wirkstoffe A bzw. B⁴

Vergleichen Sie die Wirkung der Stoffe A und B auf das Enzym RPE65 und beschreiben Sie einen möglichen Wirkmechanismus. [8 BE]

⁴ verändert nach: P. D. Kiser et al.: *Catalytic mechanism of a retinoid isomerase essential for vertebrate vision*. In: *Nature Chemical Biology* 11 (2015), S. 409-415

²
³ Die natürliche Farbe der Eischale wird unter anderem durch Gallenfarbstoffe hervorgerufen, die aus dem Abbau von Hämoglobin stammen. Zwei wichtige Vertreter, die auch in der Kalkschale von Hühnereiern enthalten sein können, sind das blaugrüne Biliverdin und das orange Bilirubin. Die Abbildungen zeigen die Strukturformeln der beiden Moleküle

⁴
⁵
⁸
⁹ **2018/C2**



¹⁰ „ Abb. 2: Strukturformel von Biliverdin

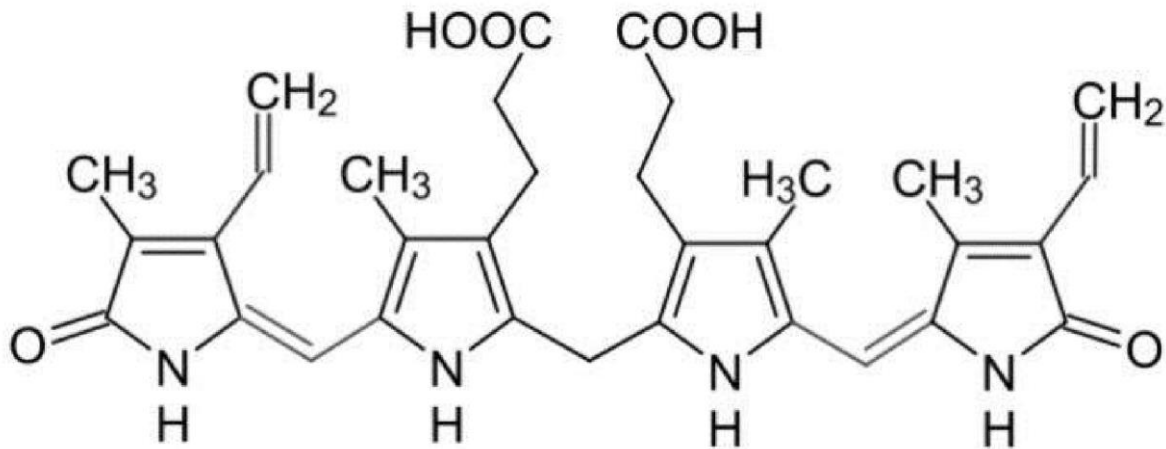


Abb. 3: Strukturformel von Bilirubin

2.1 Erklären Sie am Beispiel des Biliverdin-Moleküls den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit. Leiten Sie ab, weshalb Bilirubin eine andere Farbe aufweist. [8 BE]

2.2 Die folgende Abbildung zeigt das Absorptionsspektrum eines der beiden Farbstoffe:

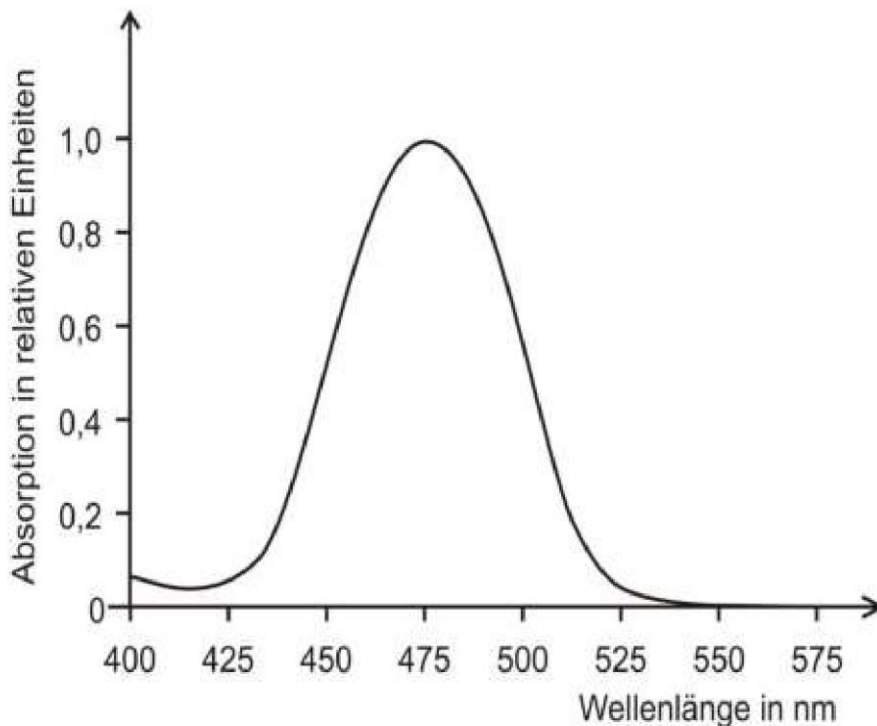


Abb. 4: Absorptionsspektrum eines Farbstoffes¹

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400 – 440	Violett	Gelb
440 – 480	Blau	Orange
480 – 500	Grünblau	Rot

500 – 570	Gelbgrün	Purpur
570 – 590	Gelb	Violett
590 – 610	Orange	Blau
610 – 700	Rot	Blaugrün

Begründen Sie, zu welchem der beiden Farbstoffe das Absorptionsspektrum gehört.

Skizzieren Sie ein Spektrum für den anderen Farbstoff. [5 BE]

2019 A1

Zur Färbung von Wackelpudding sind unter anderem die Farbstoffe Azorubin und Gelborange S von der EU zugelassen

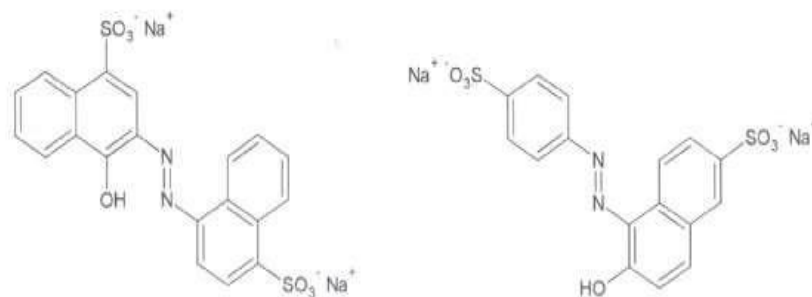


Abb. 2:

Grenzstrukturformeln der Moleküle Azorubin (links) und Gelborange S (rechts)

2.1.1 Abbildung 3 zeigt die Absorptionsspektren der Farbstoffe Azorubin bzw. Gelborange S.

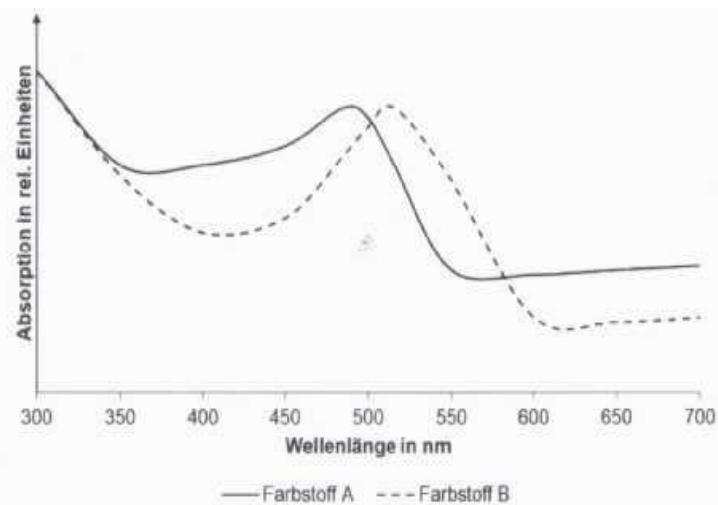


Abb. 3: Absorptionsspektren zweier Farbstoffe²

Erklären Sie allgemein den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit.
Ordnen Sie die Kurven in Abbildung 3 den oben genannten Farbstoffen begründet zu.
[8 BE]

- 2.2 Die Synthese von Gelborange S erfolgt ausgehend von zwei aromatischen Komponenten in zwei Schritten. Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese.
[7 BE]

2019 A2

- 3 Proteinshakes werden oft mit Farbstoffen versetzt, um ein optisch ansprechendes Produkt zu erhalten. Ein aus Rüben gewonnener Lebensmittelfarbstoff ist Betanin. Neben weiteren Farbstoffen enthalten diese Rüben auch Vulgaxanthin I.

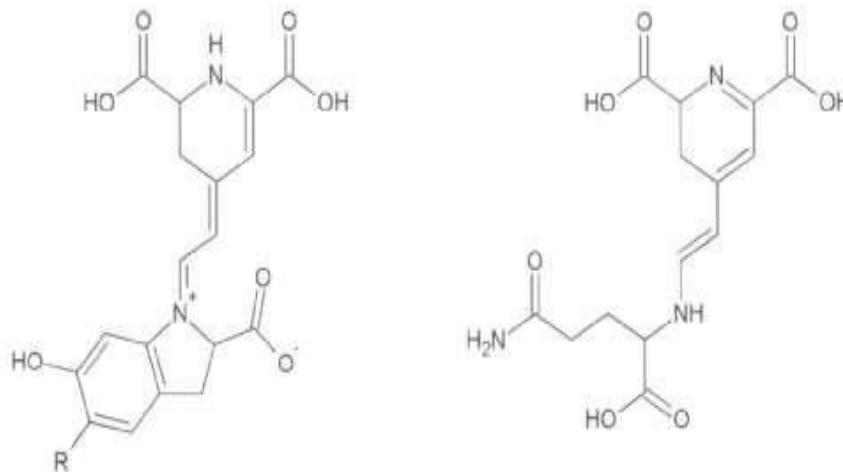


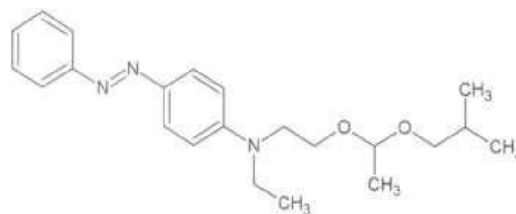
Abb. 4: Grenzstrukturformeln der Moleküle von Betanin (links) und Vulgaxanthin I (rechts)

- 3.1 Kennzeichnen Sie in Abbildung 4 jeweils das delokalisierte Elektronensystem und ordnen Sie begründet den beiden Verbindungen die Absorptionsmaxima bei $\lambda_1 = 538$ nm und $\lambda_2 = 476$ nm zu. [7 BE]
- 3.2 Stellen Sie eine begründete Hypothese zur Löslichkeit von Vulgaxanthin I in Wasser auf. [4 BE]

2020 Aufgabe B1

- 2 Diesel wird höher besteuert als das chemisch sehr ähnliche Heizöl. Zur Verhinderung von Steuerhinterziehung wird dem Heizöl das gelbe Solvent Yellow 124 zugesetzt. Solvent Yellow 124 lässt sich mithilfe einer sauren wässrigen Lösung u. a. zu einem roten Farbstoff spalten, womit sich Heizöl indirekt nachweisen lässt.

Solvent
Yellow 124



farbiges
Hydrolyse-
produkt

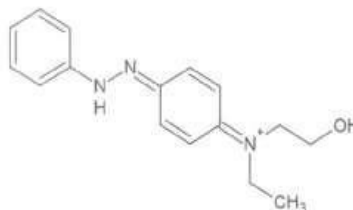


Abb. 3: Strukturformeln von Solvent Yellow 124 und des farbigen Hydrolyseprodukts der Nachweisreaktion

- 2.1 Die Synthese von Solvent Yellow 124 erfolgt ausgehend von zwei aromatischen Komponenten in zwei Schritten. Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die beiden Syntheseschritte und benennen Sie diese. Nicht relevante Molekülbereiche können abgekürzt werden. [7 BE]

2.2



Abb. 4: Farbkreis

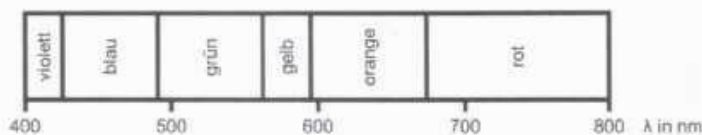


Abb. 5: Spektrum des sichtbaren Lichtes

Erklären Sie anhand der Materialien (Abb. 3 bis 5) und unter Verwendung von mesomeren Grenzstrukturformeln die unterschiedlichen Farben von Solvent Yellow 124 und des farbigen Hydrolyseprodukts. [8 BE]

B 1 2023 Schokolierte Erdnüsse

Der Farbstoff E131 wird zur Färbung von schokolierten Erdnüssen verwendet. E131 zeigt eine Farbänderung in Abhängigkeit vom pH-Wert. In Abbildung 4 sind Strukturformeln von E131 bei unterschiedlichen pH-Werten dargestellt:

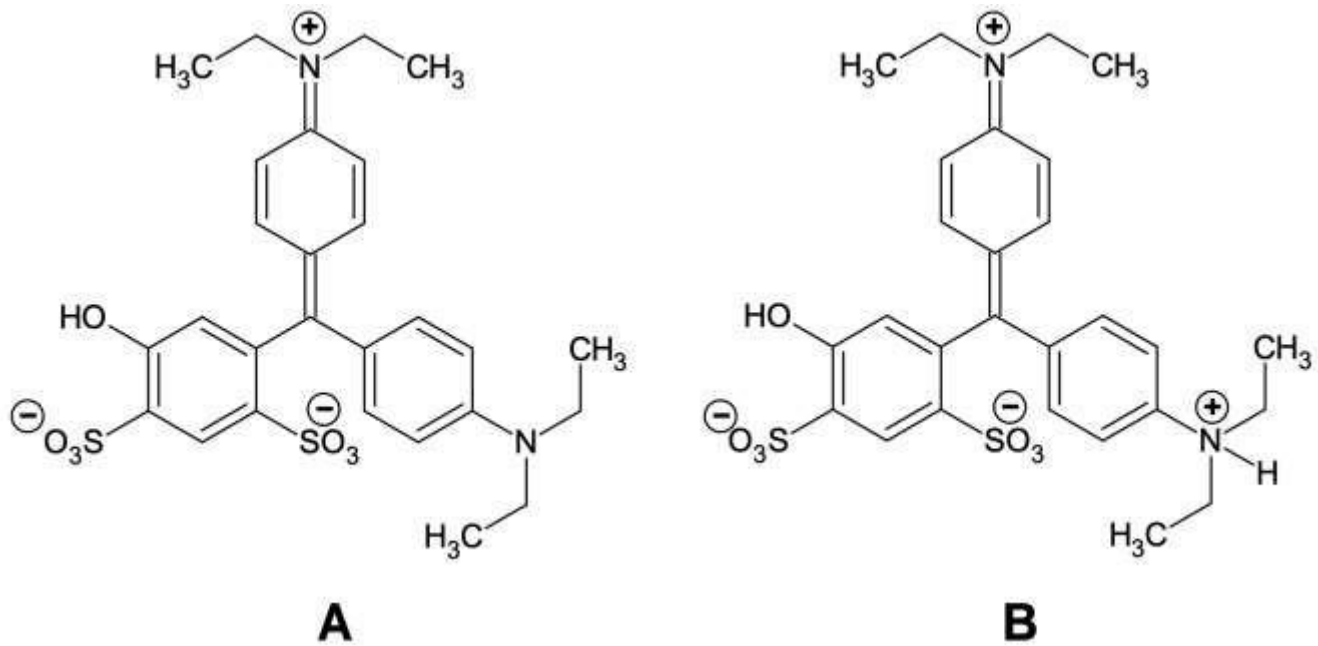


Abbildung 5 zeigt die Absorptionsspektren von E131 bei verschiedenen pH-Werten:

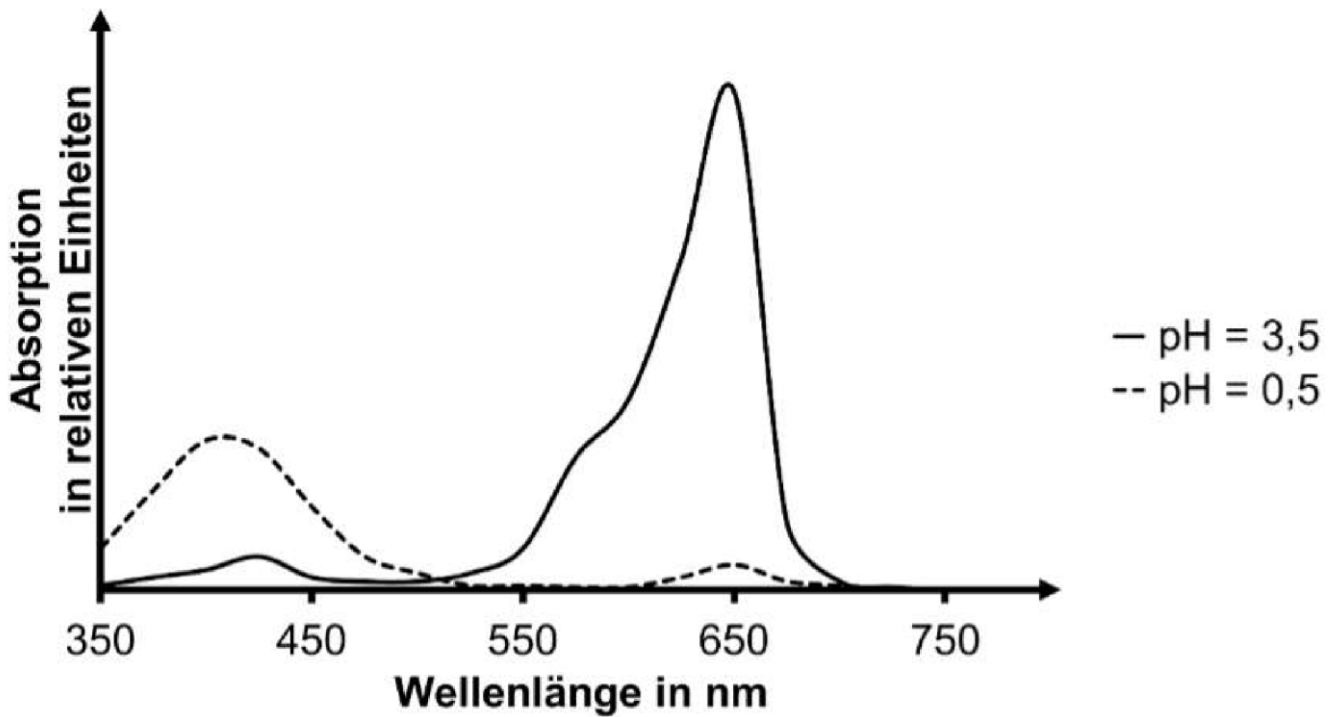


Abb. 5: Absorptionsspektren von E131 bei verschiedenen pH-Werten₁

Tab.: Zusammenhang zwischen Wellenlänge, Farbe und Komplementärfarbe des absorbierten Lichts

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400 – 440	Violett	Gelb
440 – 480	Blau	Orange
480 – 500	Blaugrün	Rot
500 – 570	Gelbgrün	Purpur
570 – 590	Gelb	Violett
590 – 610	Orange	Blau
610 – 700	Rot	Blaugrün

3

Der Farbstoff E131 wird zur Färbung von schokolierten Erdnüssen verwendet. E131 zeigt eine Farbänderung in Abhängigkeit vom pH-Wert. In Abbildung 4 sind Strukturformeln von E131 bei unterschiedlichen pH-Werten dargestellt:

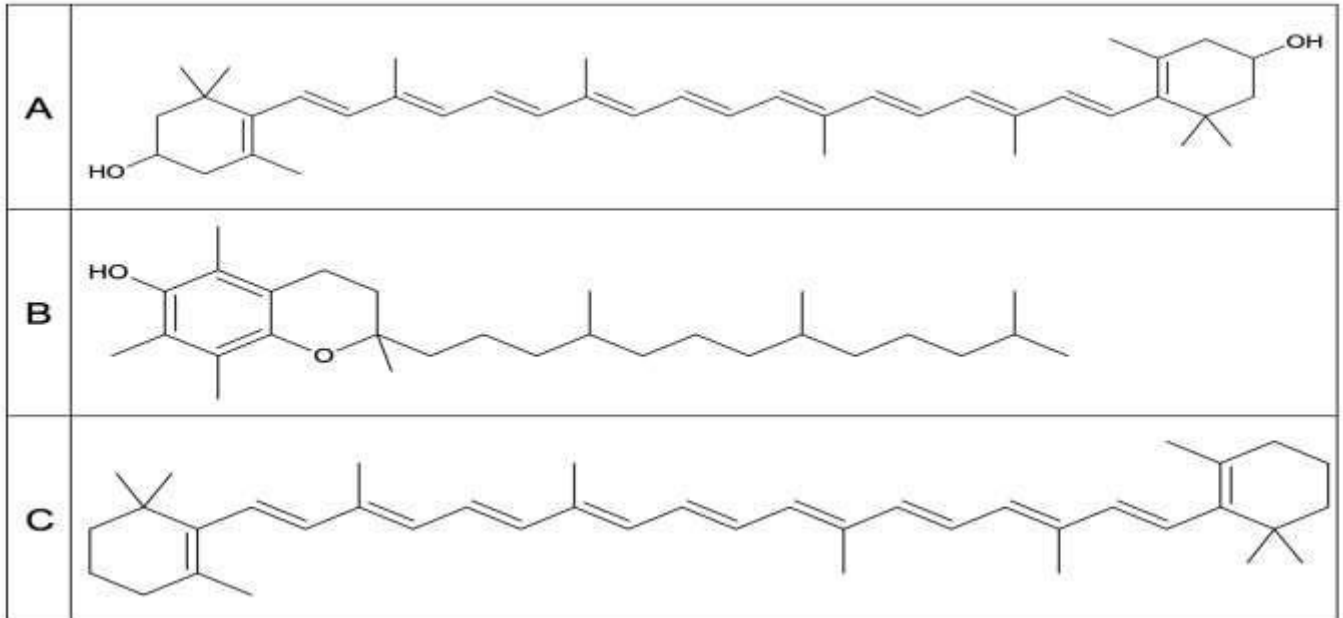
- 3.1 Leiten Sie mit Hilfe von Abbildung 5 und der Tabelle die Farbe von E131 bei den unterschiedlichen pH-Werten ab. [4 BE]
- 3.2 Ordnen Sie die Spektren aus Abbildung 5 den Strukturformeln von E131 aus Abbildung 4 zu. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen den Molekülstrukturen und der Wellenlänge des absorbierten Lichts bei den unterschiedlichen pH-Werten [8 BE]

B 2 Mais 2023

1

Die gelbe Farbe des Maiskorns stammt vom Farbstoff Zeaxanthin. Dieser liegt im Maiskorn in der Regel einfach oder zweifach mit Fettsäuren verestert vor. Aus dem fetthaltigen Keim des Maiskorns kann das farblose und geschmacksneutrale Maiskeimöl gewonnen werden. Durch Zugabe von β -Carotin wird die vom Verbraucher erwartete gelbe Farbe des Öls erreicht. Die Haltbarkeit des Öls wird durch Zugabe von farblosem α -Tocopherol (Vitamin E) verbessert.

Tab. 1: Strukturformeln ausgewählter Inhalts- und Zusatzstoffe von Maiskeimöl



Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Molekülstruktur und Farbigkeit und ordnen Sie die Strukturformeln A bis C den Stoffen β -Carotin, α -Tocopherol und Zeaxanthin begründet zu.

2. Der Maisbeulenbrand (*Ustilago maydis*) ist ein Pilz, der den Kulturmais schädigen kann, aber auch in der industriellen Biotechnologie eine wichtige Rolle spielt. Mit seiner Hilfe können vielfältig einsetzbare Chemikalien wie Ustilaginsäure A und D-Mannose produziert werden

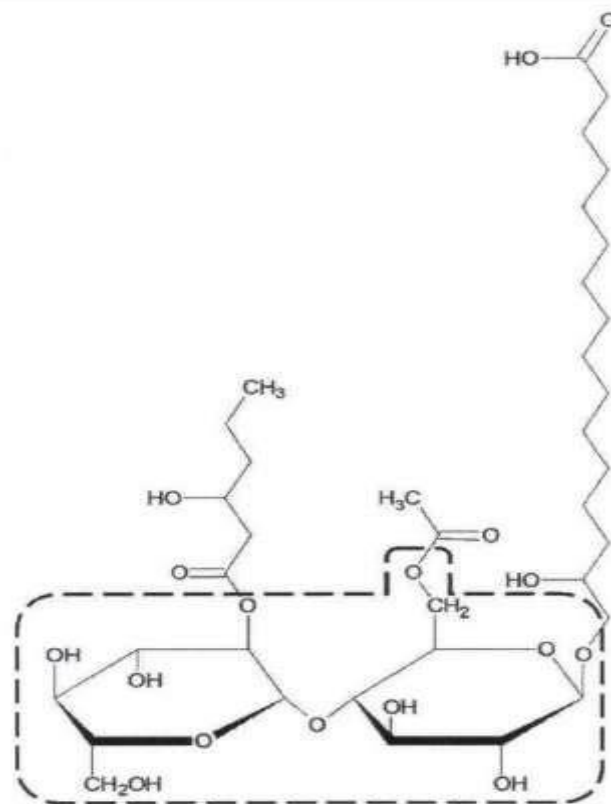


Abb. 1: Strukturformel von Ustilaginsäure A¹

2024

C 1 Thermopapier

Einkaufsbelege werden oft auf Thermopapier gedruckt, das aus mehreren Schichten aufgebaut ist (Abb. 1). Die thermoaktive Schicht enthält ein Gemisch aus drei Komponenten: einen pH-empfindlichen Farbstoff, einen schwach sauren Farmentwickler und ein bei Raumtemperatur festes Lösemittel.



Abb. 1: Modelldarstellung des Aufbaus eines Thermopapiers¹

1 Als pH-empfindlicher Farbstoff wird beispielsweise Kristallviolett-Carboxylat (KVC) verwendet. Dies liegt zunächst als farbloses Kristallviolett-Lacton (KVL) vor. Durch eine saure katalysierte Reaktion entsteht der violette Farbstoff KVC (Abb. 2).

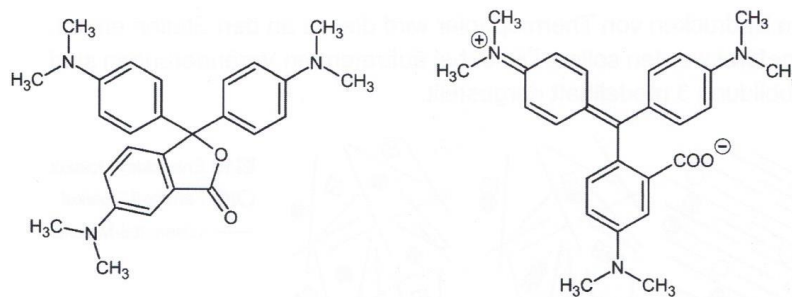


Abb. 2: Strukturformeln von Kristallviolett-Lacton (KVL) links sowie Kristallviolett-Carboxylat (KVC) rechts

Wellenlänge des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Komplementärfarbe
400-440	Violett	Gelb
440-480	Blau	Orange
480-500	Blaugrün	Rot
500-570	Gelbgrün	purpur
570-590	Gelb	violett
590-610	orange	blau
610-700	rot	blaugrün

1.1 Skizzieren Sie mithilfe von Tabelle 1 ein passendes Absorptionsspektrum von KVC. [4 BE]

1.2 Erklären Sie anhand der Strukturformeln in Abbildung 2 die

unterschiedliche Farbigkeit von KVL und KVC.

[6 BE]

2 Beim Bedrucken von Thermopapier wird dieses an den Stellen erhitzt, die gefärbt werden sollen. Die dabei auftretenden Veränderungen sind in Abbildung 3 modellhaft dargestellt.

- 2 Beim Bedrucken von Thermopapier wird dieses an den Stellen erhitzt, die gefärbt werden sollen. Die dabei auftretenden Veränderungen sind in Abbildung 3 modellhaft dargestellt.

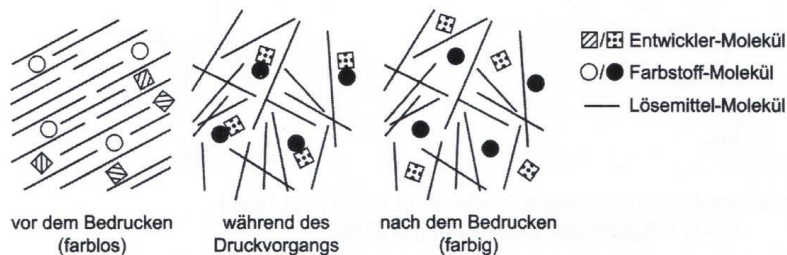


Abb. 3: Modelldarstellung zu Veränderungen in der thermoaktiven Schicht²

- 2.1 Erklären Sie mithilfe von Abbildung 3 die auftretende Färbung des Thermopapiers beim Erhitzen.

[4 BE]

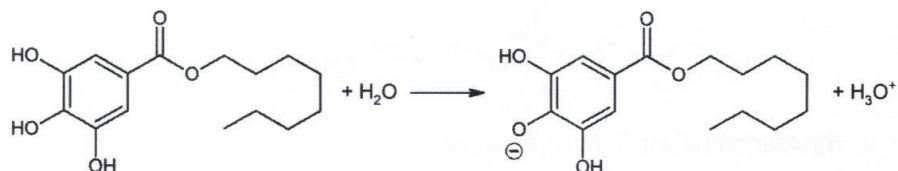
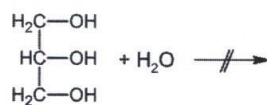


Abb. 4: Reaktionsverhalten von Glycerin und Gallussäureoctylester mit Wasser
Erklären Sie das in Abbildung 4 dargestellte unterschiedliche Reaktionsverhalten von Glycerin und Gallussaureoctylester.

[4 BE]

2024

C 2 Molekularküche

2 Riboflavin wird zu den Färben von Gerichten eingesetzt. Das Absorptionsspektrum dieses Farbstoffs ist in Abbildung 5 dargestellt.

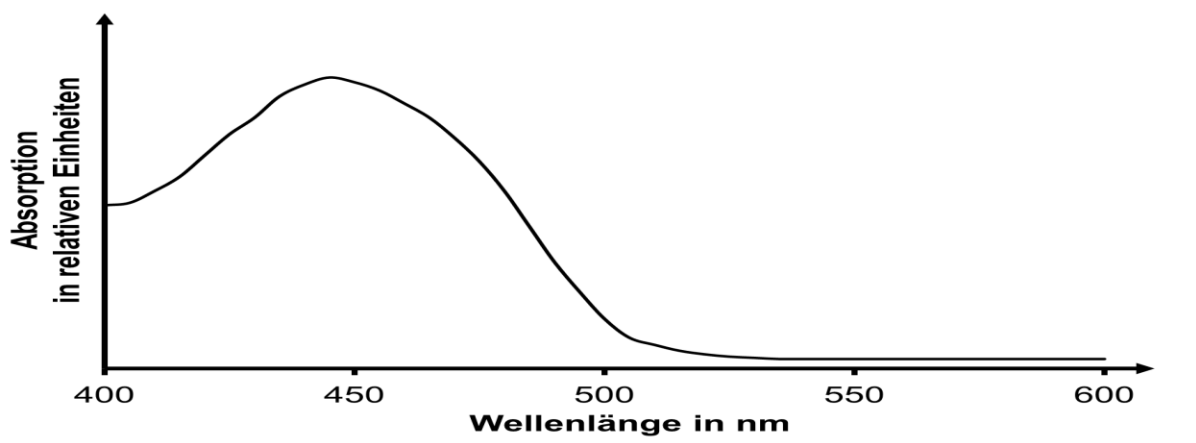


Abb. 5: Absorptionsspektrum von Riboflavin3

Mit Riboflavin gefarbte Gerichte kennen auch zum Leuchten gebracht werden. Bei Anregung mit UV-Licht der Wellenlänge 349 nm emittiert Riboflavin Licht einer bestimmten Farbe (Abb. 6).

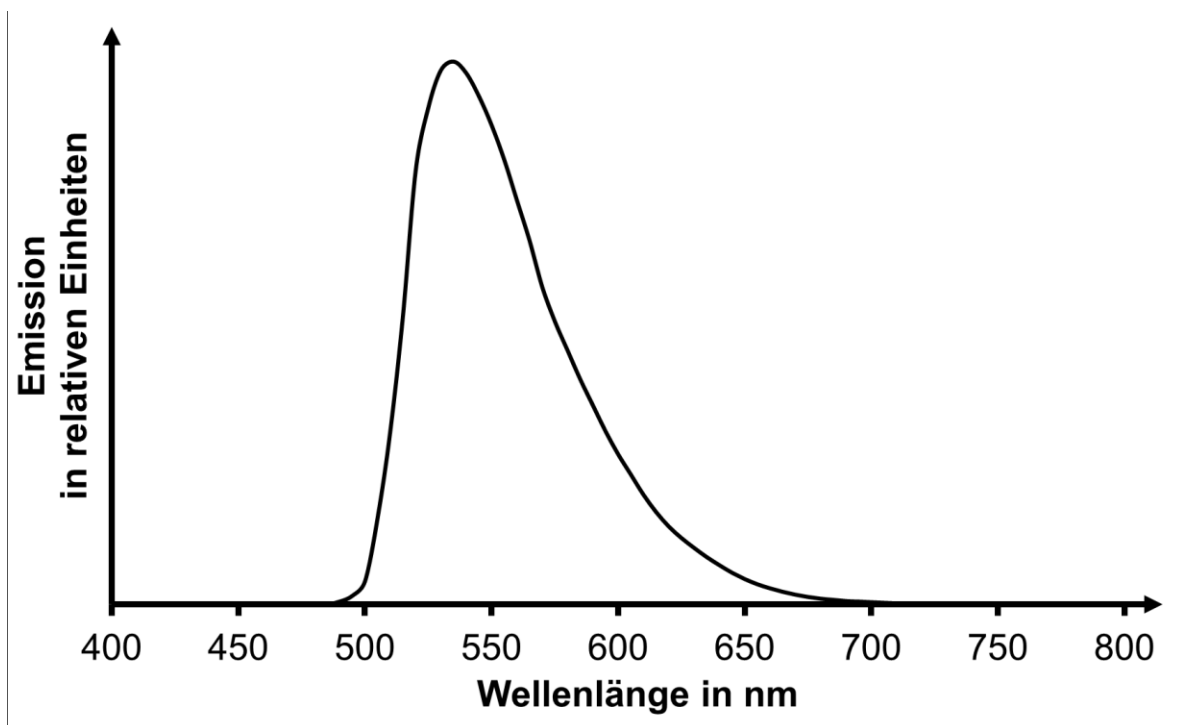


Abb. 6: Emissionsspektrum von Riboflavin bei Anregung mit UV-Licht der Wellenlänge 349 n

Wellenlänge λ des absorbierten Lichts in nm	Farbe des absorbierten Lichts	Farbe der Lösung
400 - 435	Violett	Gelb
435 - 450	Blauviolett	Gelb-Orange
450 - 480	Blau	Orange-Rot
480 - 500	Blaugrün	Rot
500 - 570	Gelbgrün	Purpur
570 - 590	Gelb	Violett
590 - 610	Orange	Blau
610 - 700	Rot	Blaugrün

2.1 Leiten Sie mithilfe von Abbildung 5 und Tabelle 2 die Farbe von Riboflavin ab. Ermitteln Sie mithilfe von Abbildung 6 und Tabelle 2 die Farbe, in der Riboflavin unter UV-Licht leuchtet. [5 BE]

2.2 Gibt man zu einer Riboflavin-Lösung Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$), wird die Lösung farblos. Dithionit-Ionen reagieren dabei zu Schwefeldioxid-Molekülen, Riboflavin-Moleküle von der Chinon-Form in die Hydrochinon Form (Abb. Bei längerem Stehenlassen an der Luft färbt sich die Lösung wieder.

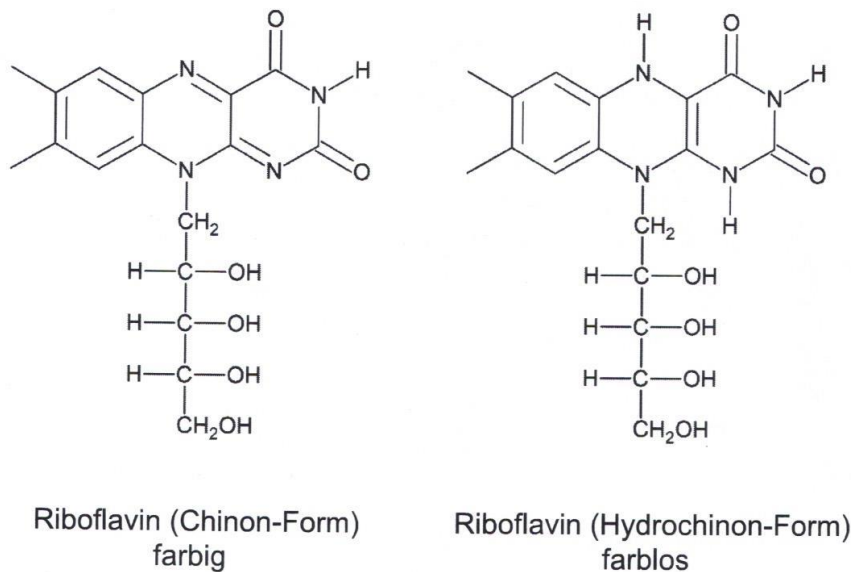


Abb. 7: Strukturformeln der Chinon- und Hydrochinon-Form von Riboflavin

2.2.1 Formulieren Sie die Teilgleichungen für die Reaktion von Riboflavin-Molekülen mit Dithionit-Ionen in saurer Lösung. Nicht benötigte Molekulteile können mit R abgekürzt werden. [6 BE]

2.2.2 Stellen Sie eine Hypothese zum Wiederauftreten der Farbigkeit bei längerem Stehenlassen an der Luft auf. [3 BE]

Quellen:

1 Ariyaprakai, Suwimon; Hu, Xuanyi; Tran, Minh Thu (2018). Spontaneous Formation of Flavor Oil Emulsions by Using Sucrose Esters and Emulsion Stability Study. Food Biophysics. 3 - 7.

2 Ma YR, Banwell MG, Yan R, Lan P. (2013). Comparative Study of the Emulsifying Properties of a Homologous Series of Long-Chain 6'- O-Acylmaltose Esters. J Agric Food Chem. 66(33), 8832 - 8840.

3 Zhang, Yuntao & Sukthankar, Pinakin & Tomich, John & Conrad, Gary. (2012). Effect of the Synthetic NC-1059 Peptide on Diffusion of Riboflavin across an Intact Corneal Epithelium. Investigative ophthalmology & visual science. 53.