

G8 Abituraufgaben Chemie Carbonsäuren und Derivate 2011/ B1

- 1.2 Zum Verfeinern des Sauerkrauts werden Apfelstückchen zugegeben. Während sich diese an der Luft durch Oxidationsprozesse allmählich braun färben, unterbleibt diese Verfärbung im Sauerkraut, aufgrund der reduzierenden Wirkung der enthaltenen Ascorbinsäure.

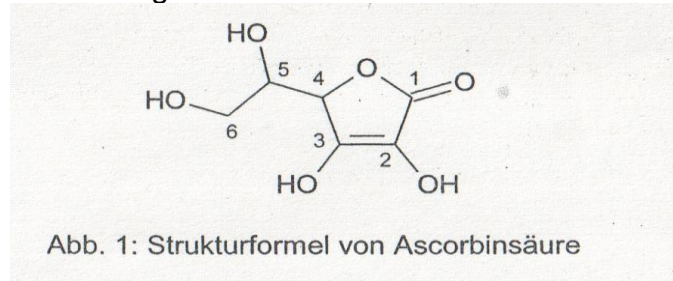


Abb. 1: Strukturformel von Ascorbinsäure

Die Kohlenstoffatome Nr. 2 und 3 (s. Abb. 1) werden durch den Sauerstoff der Luft oxidiert. Es entsteht ein Diketon:

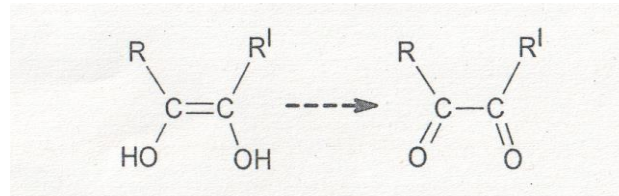


Abb. 2: Unvollständige Reaktionsgleichung der Oxidation

- 1.2.1 Entwickeln Sie ausgehend von Abbildung 2 über die Teilgleichungen die Redoxgleichung für die Reaktion von Ascorbinsäure mit Sauerstoff! [6 BE]
- 1.2.2 Das Redoxpotential der Ascorbinsäure ist pH-abhängig. Begründen Sie mithilfe des Prinzips von Le Chatelier, wie sich eine Erniedrigung des pH-Wertes auf die Gleichgewichtskonzentrationen der oxidierten und reduzierten Form der Ascorbinsäure auswirkt! [5 BE]

Musterabitur 2011 - Chemie B 1 Wasserspeichernde Polymere

Der Amerikaner Victor Mills gilt als Erfinder der Einmalwindel. Bis vor 20 Jahren enthielten

Babywindeln lediglich Zellulose als Wasserspeicher. Erst die Verwendung von Superabsorbentpolymeren brachte für die Einmalwindeln den endgültigen Durchbruch. Bei den Superabsorbentpolymeren handelt es sich um Polymere der Acrylsäure (Propensäure), die in der Lage sind, das Dreißig- bis Fünfhundertfache ihres Volumens an Wasser zu speichern.

- 1 Acrylsäure lässt sich aus Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) herstellen, die durch mikrobielle Fermentation aus Pflanzenmaterial gewonnen werden kann, oder durch die katalytische Oxidation des Erdölprodukts Propen an der Luft.
- 1.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichungen für die Herstellung von Acrylsäure aus Milchsäure (Verfahren A) und für die katalytische Oxidation von Propen (Verfahren B)! [5 BE]
- 1.2 Im Gegensatz zu Verfahren B wird dem Herstellungsverfahren A für die Zukunft steigende Bedeutung zugesprochen. Begründen Sie diese Prognose! [4 BE]

- 2.1 Der pK_s -Wert der Acrylsäure beträgt 4,25, der pK_s -Wert von Propansäure liegt dagegen bei 4,87.
Erklären Sie auf der Grundlage des Mesomerie Modells die unterschiedliche Säurestärke der beiden Säuren! [6 BE]
- 2.2 Zur Unterscheidung von Propansäure und Propensäure werden beide Stoffe (von Licht abgeschirmt) mit Bromwasser versetzt. Nur in einem der beiden Fälle kommt es zur Entfärbung des Bromwassers.
Erklären Sie diese Beobachtung! [3 BE]

2012 A1

- 1.2 Eine wässrige Lösung der schwachen Säure Benzoesäure (Phenylmethansäure) unbekannter Konzentration wird mit verdünnter Natronlauge ($c = 1 \text{ mol/l}$) titriert. Die pH-Werte während der Titration sind in folgender Graphik dargestellt.

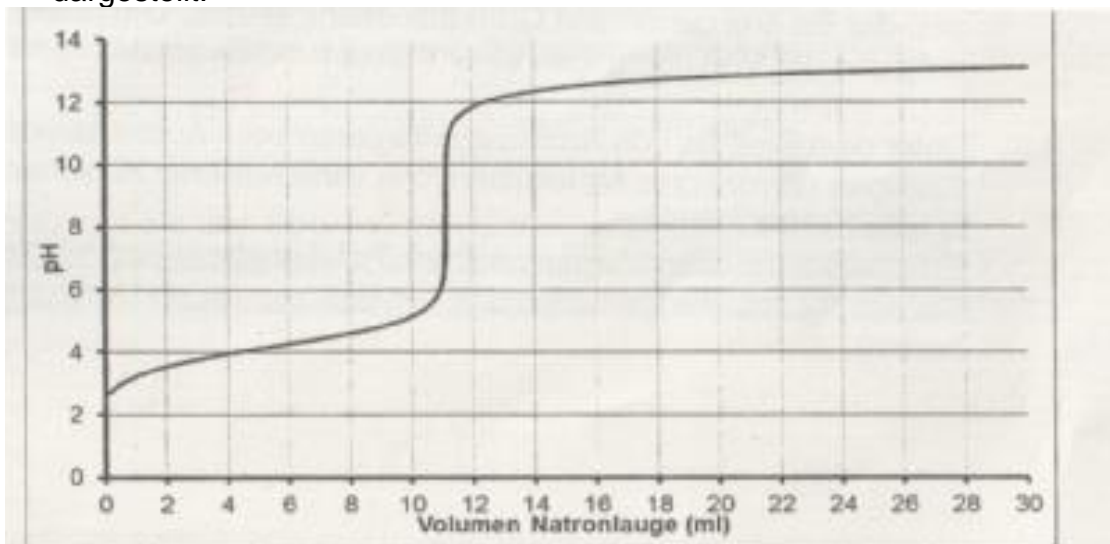


Abb. 3: Titrationskurve von Benzoesäure mit Natronlauge

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Neutralisation und ermitteln Sie die Konzentration der Benzoesäure zu Beginn der Titration!
Beurteilen Sie, ob sich Thymol Phthalein ($pK_s = 10$) als Indikator für diese Titration eignet! [9 BE]

2014 A1

1.2

Zur Untersuchung ihrer hemmenden Wirkung wird Jodethansäure mit einer Konzentration von $c(\text{CH}_2\text{ICOOH}) = 0,004 \text{ mol/l}$ eingesetzt. Der pK_s -Wert dieser Säure liegt bei 3,18.

Berechnen Sie den pH-Wert dieser Jodethansäurelösung und die Masse an Jodethansäure, die in Wasser gelöst werden muss, um einen Liter solch einer Lösung herzustellen! Für die Berechnungen kann Jodethansäure als schwache Säure betrachtet werden. [8 BE]

2015/B1

- 2 Der Geschmack von Apfelsaft beruht unter anderem auf im Saft enthaltenem Butansäureethylester (Ethylbutanoat). Butansäureethylester lässt sich auch im Labor herstellen. Dazu werden in Experiment A je eine Stoffmenge von 0,5 mol Butansäure und 0,5 mol Ethanol in einem geschlossenen System zur Reaktion gebracht. Abbildung 2 zeigt die Veränderung der Stoffmengen von Butansäure und Ester in Abhängigkeit von der Zeit:

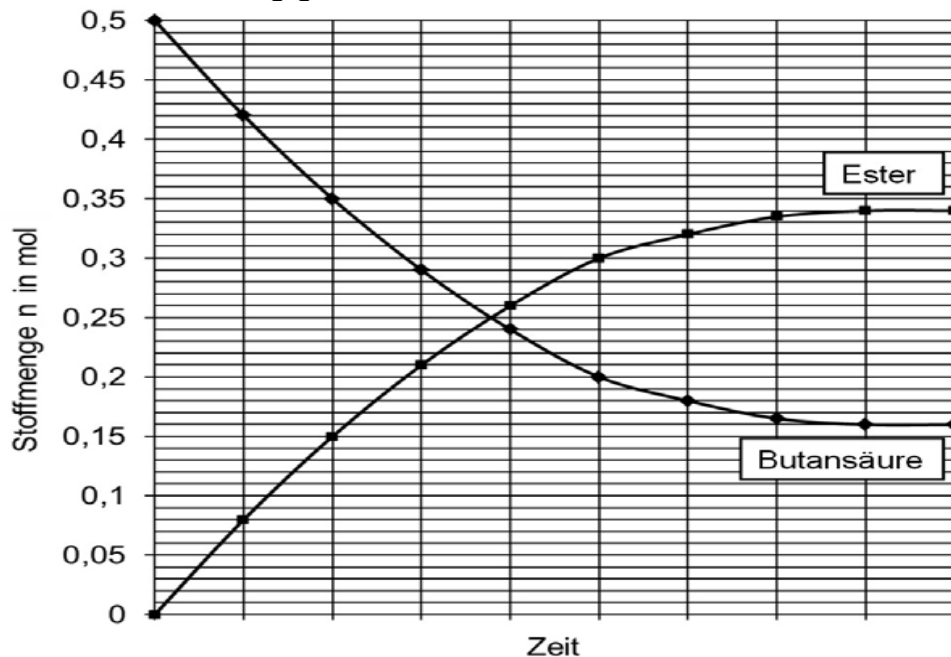


Abb. 2: t/n -Diagramm zur Synthese von Butansäureethylester

- 2.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Estersynthese und berechnen Sie mithilfe der Angaben aus dem Diagramm die Gleichgewichtskonstante K für die Synthese von Butansäureethylester! [6 BE]
- 2.2 Bei einem Experiment B wird unter sonst gleichen Bedingungen konzentrierte Schwefelsäure als Katalysator zugesetzt. Zeichnen Sie in Abbildung 2 die zu erwartenden Kurvenverläufe für dieses Experiment ein und erklären Sie deren Verlauf! [7 BE]
- 2.3 Die Synthese von Butansäureethylester verläuft exotherm. Begründen Sie die Auswirkung einer Temperaturerhöhung auf die Gleichgewichtslage anhand des Prinzips von Le Chatelier! [3 BE]

2016 B1

- 2 Zur Produktion von Kakaomasse werden die geernteten Früchte zunächst fermentiert, um die Bildung von Aromastoffen einzuleiten. Hierbei entsteht unter anderem Ethansäure (Essigsäure). Ethansäure-Moleküle reagieren mit Basen zu Ethanoat-Ionen (Acetat-Ionen). Es stellt sich ein pH-Wert von 4,6 ein.

Das folgende Diagramm zeigt das Verhältnis von Ethansäure-Molekülen und Ethanoat-Ionen in Abhängigkeit vom pH-Wert der Lösung:

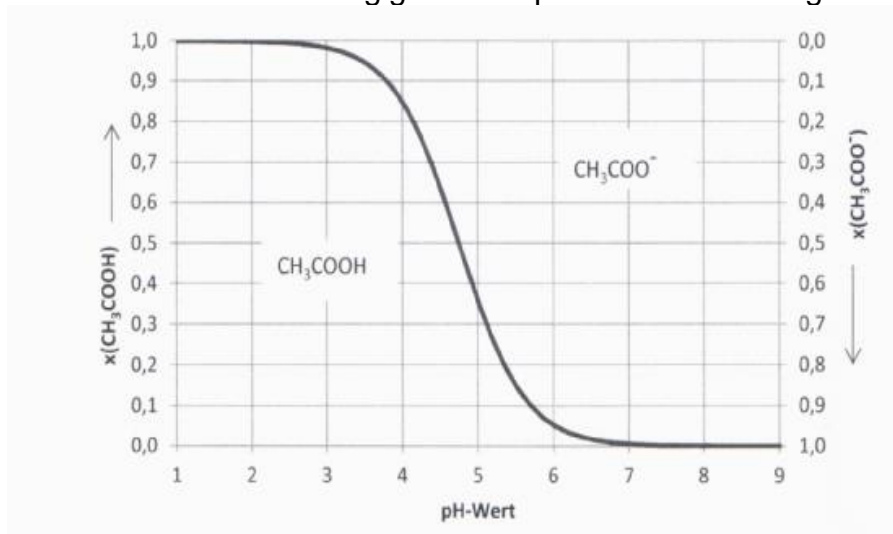


Abb. 4: Konzentrationsverhältnisse x in wässriger Lösung

Beschreiben Sie, wie sich aus der abgebildeten Kurve der pK_s -Wert der Ethansäure ableiten lässt, und berechnen Sie das Verhältnis der Konzentrationen von Ethanoat-Ionen und Ethansäure-Molekülen bei einem pH-Wert von 4,6! [8 BE]

2016 B2

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

Erläutern Sie das Prinzip der Halbtitration! [6 BE]

2018/A2

A 2 Kaffee

Kaffeebohnen enthalten u.a. verschiedene Kohlenhydrate, Aminosäuren, Chlorogensäure und diverse andere organische Säuren.

Chlorogensäure, ein Ester aus Kaffeesäure und Chinasäure mit der Molaren Masse 354,3 g/mol, hat einen entscheidenden Einfluss auf den Geschmack von Kaffee.

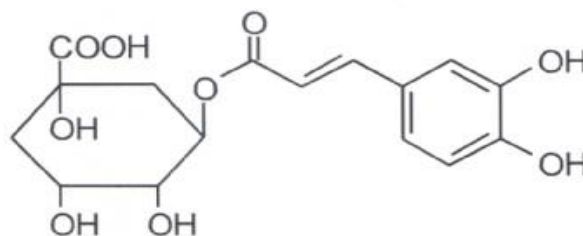


Abb. 1: Strukturformel von Chlorogensäure

Die Bohnen werden geröstet und vor der Zubereitung gemahlen. Durch spezielle Röstverfahren kann der Chlorogensäure-Gehalt so verringert werden, dass er im handelsüblichen Röstkaffee weniger als 3,5 % beträgt.

- 1 Zur Bestimmung des Chlorogensäure-Gehalts wird die Säure aus 100 g einer Röstkaffeeprobe vollständig extrahiert und in einem weiteren Versuch mit Natronlauge der Konzentration $c(\text{NaOH}) = 0,15 \text{ mol/l}$ titriert. Bis zum Äquivalenzpunkt werden 60 ml Natronlauge verbraucht. Chlorogensäure soll bei der Titration als einprotonige Säure betrachtet werden.
 - 1.1 Beurteilen Sie mithilfe einer Rechnung, ob die Kaffeebohnen dieser Probe dem handelsüblichen Standard entsprechen. [6 BE]
 - 1.2 Begründen Sie, ob der Chlorogensäure-Gehalt auch ohne die vorherige Extraktion mithilfe einer Titration bestimmt werden kann. [3 BE]

- 2 Der kleinste pK_s -Wert der Chlorogensäure liegt mit 2,66 zwischen den pK_s -Werten für typische starke und schwache Säuren. Die Einteilung in schwache und starke Säuren bedingt unterschiedliche Ansätze für die Berechnung des pH-Wertes einer Säurelösung. 100 ml einer wässrigen Chlorogensäure-Lösung enthalten 0,35 g Chlorogensäure. Berechnen Sie den pH-Wert dieser Lösung unter Verwendung beider Rechenansätze und erklären Sie die unterschiedlichen Ergebnisse. [7 BE]

- 3 Im Chlorogensäure-Molekül gibt es zwei Ringstrukturen, die sich in ihrer Geometrie unterscheiden. Die folgende Abbildung zeigt das Molekül in einer vereinfachten, räumlich nicht exakten Form.

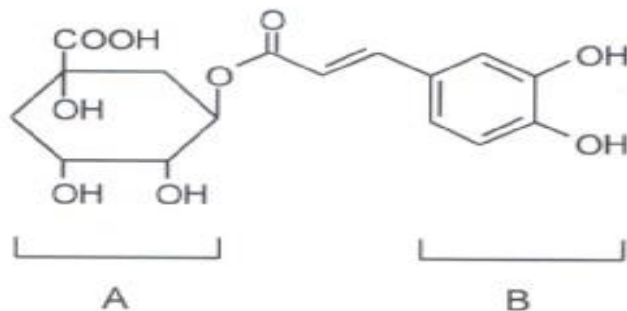


Abb. 2: Strukturformel von Chlorogensäure

- Vergleichen Sie die räumliche Struktur beider Ringsysteme A und B und begründen Sie Ihre Aussage. [6 BE]
- 4 Lässt man Kaffee über mehrere Stunden auf der Heizplatte einer Kaffeemaschine stehen, so nimmt der pH-Wert ab. Dafür ist unter anderem die hydrolytische Spaltung der Chlorogensäure verantwortlich.
 - 4.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die hydrolytische Spaltung der Chlorogensäure und erklären Sie das Absinken des pH-Wertes. [4 BE]
 - 4.2 Der pH-Wert des Kaffees hat Einfluss auf seinen Geschmack

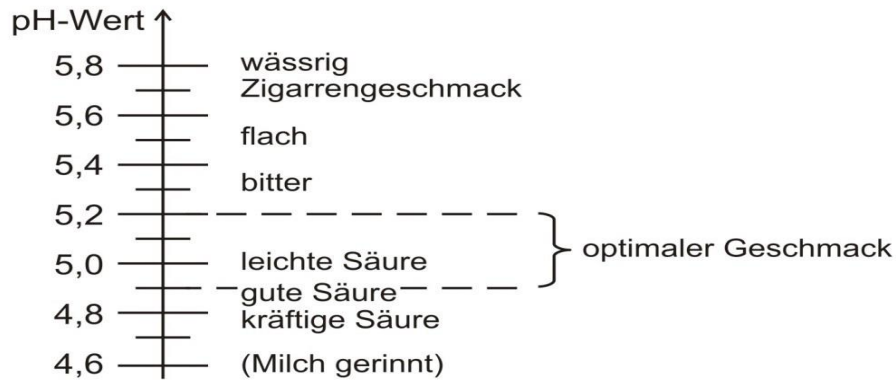


Abb. 3: Einfluss des pH-Wertes auf den Geschmack von Kaffee

In einem Schülerexperiment soll der pH-Wert von Kaffee im Bereich des optimalen Geschmacks gehalten werden. Folgende Puffersysteme stehen zur Verfügung.

Puffersysteme	pKs
A: Ammonium -Ammoniak	9,25
B: Dihydrogenphosphat-Hydrogenphosphat	7,20
C: Kohlensäure -Hydrogencarbonat	6,52
D: Natriumdihydrogencitrat -Dinatriumhydrogencitrat	4,76
E. L-Weinsäure- L-Hydrogentartrat	3,03

Erklären Sie, welches Puffersystem am besten für das Experiment geeignet ist. [4 BE]

2019

B 2 Konservierungsstoffe

Um Lebensmittel länger haltbar zu machen, können ihnen Konservierungsstoffe zugesetzt werden, die den Verderb durch Schimmelpilze oder Bakterien hinauszögern.

- 1 In einer Versuchsreihe wurde die konservierende Wirkung von drei Stoffen untersucht (Abb. 1). In Tabelle 1 sind weitere Informationen zu den drei Konservierungsstoffen zusammengestellt.

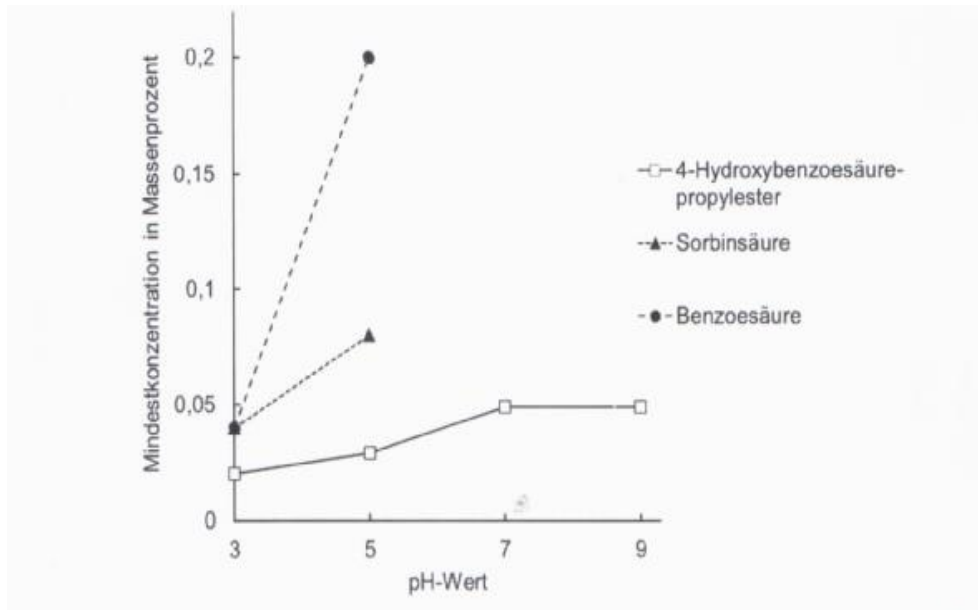


Abb. 1: Mindestkonzentration (in Massenprozent) an Konservierungsstoffen für eine erfolgreiche Hemmung des Schimmelpilzes *Aspergillus niger* in Abhängigkeit vom pH-Wert

Tab 1: Weitere Informationen zu den untersuchten Stoffen

Konservierungsmittel	Preis in Euro/kg	Geschmack	Nebenwirkung
4-Hydroxybenzoesäure-propylester	157,80	leicht brennend	Verdacht auf allergieauslösende Wirkung
Sorbinsäure	115,00	neutral	keine bekannt
Benzooesäure	156,00	sauer	Verdacht auf allergieauslösende Wirkung

Bewerten Sie unter Zuhilfenahme von Abbildung 1 und Tabelle 1, welcher der angegebenen Konservierungsstoffe am besten für den Einsatz in Lebensmitteln mit einem pH-Wert von 5 geeignet ist. [6 BE]

- 4 In der modernen Lebensmittelchemie wird auch 4-Hydroxybenzoesäuremethylester als Konservierungsstoff eingesetzt.

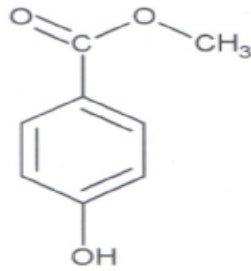


Abb. 3: Strukturformel von 4-Hydroxybenzoesäuremethylester

- 4.1 Abbildung 4 zeigt die Syntheseschritte zur Herstellung von 4-Hydroxybenzoesäure, die anschließend zum Methylester umgesetzt werden kann

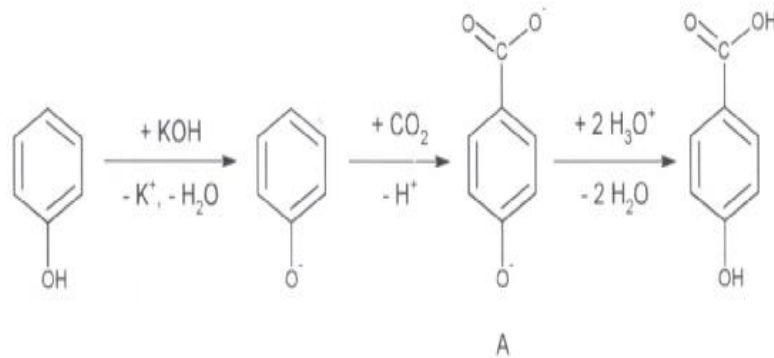


Abb. 4: Reaktionsschema der Synthese von 4-Hydroxybenzoesäure

Das Phenolat-Ion reagiert in einer elektrophilen Substitutionsreaktion mit einem Kohlenstoffdioxid-Molekül zum Molekül-Ion A. Formulieren Sie hierfür den Reaktionsmechanismus. [7 BE]

- 4.2 Hydroxybenzoesäuremethylester und Ethanol besitzen unterschiedliche pK_S -Werte:

Tab. 2: pK_S -Werte von 4-Hydroxybenzoesäuremethylester und Ethanol

Stoff	pK_S -Wert
4-Hydroxybenzoesäure methylester	8,4
Ethanol	15,9

Begründen Sie den Unterschied der pK_S -Werte anhand mesomerer Grenzstrukturformeln. [6 BE]

- 4.3 Das Wirkoftimum des Konservierungsstoffes 4-Hydroxybenzoesäuremethylester liegt im pH-Bereich zwischen 4 und 7. Um den pH-Wert konstant zu halten, kann den zu konservierenden Lebensmitteln beispielsweise der Dihydrogenphosphat-Hydrogenphosphat-Puffer zugesetzt werden.

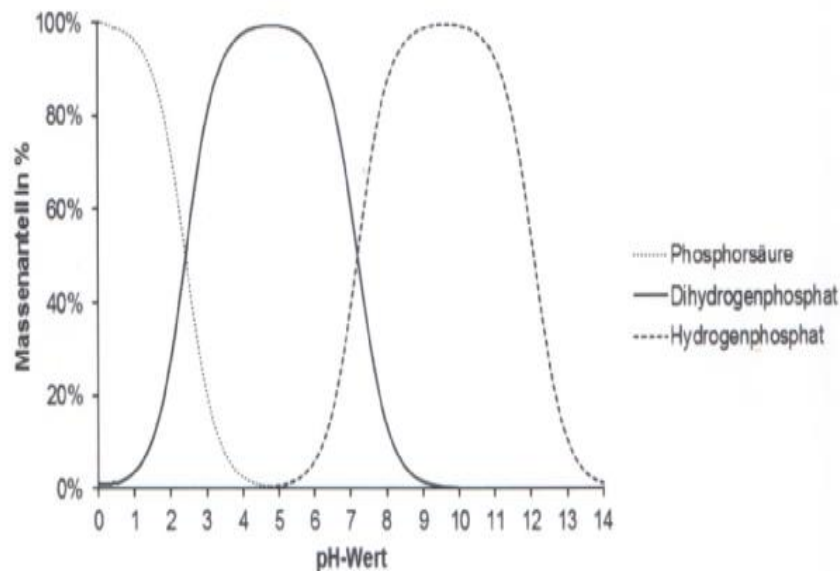


Abb. 5: Stoffmengenanteile in % von Phosphorsäure und ihren Anionen in Abhängigkeit vom pH-Wert

Leiten Sie mithilfe von Abbildung 5 den pKs-Wert von Dihydrogenphosphat ab und berechnen Sie das für einen pH-Wert von 6,5 benötigte Konzentrationsverhältnis eines Dihydrogenphosphat-Hydrogenphosphat-Puffers. [7 BE]

Abbildungen und Tabellen: 1 H.-D. Belitz et al.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag, Berlin (2008), S. 463

2020 C 1 Grüner Tee

Grüner Tee wird aus den Blättern der Teepflanze hergestellt. Einigen Inhaltsstoffen, z. B. phenolartigen Verbindungen, werden gesundheitsfördernde Wirkungen zugeschrieben.

- Ein Phenol-Derivat in grünem Tee ist die Gallussäure (C). Diese kann im Labor aus Protocatechusäure (A) hergestellt werden. Dabei erfolgt im ersten Schritt eine Reaktion mit Brom bei Raumtemperatur zu Verbindung B, die dann in einem weiteren Schritt in Gallussäure umgewandelt wird:

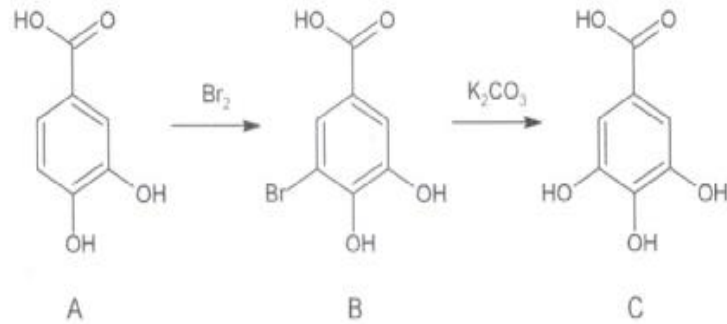


Abb. 1: Reaktionsschema zur Synthese von Gallussäure

- 1.1 Formulieren Sie den Reaktionsmechanismus für die Synthese von Verbindung B aus Protocatechusäure. [6 BE]
- 1.2 Das Gallussäure-Molekül kann das Proton der Carboxygruppe auf ein Wasser-Molekül übertragen. Dabei handelt es sich um eine Gleichgewichtsreaktion, deren Gleichgewichtskonstante $K_c = 1,33 \cdot 10^{-5}$ beträgt. Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für diese Reaktion und berechnen Sie das Konzentrationsverhältnis von Gallat-Ionen und Gallussäure-Molekülen bei einem pH-Wert von 5. Die Konzentration von Wasser in wässrigen Lösungen beträgt ca. 55,56 mol/L. [6 BE]
- 1.3 Das Gallat-Ion kann wie das Phenol-Molekül ein Proton abspalten. Dabei können die Hydroxygruppen an den Kohlenstoff-Atomen 3, 4 sowie 5 deprotoniert werden. Begründen Sie mithilfe mesomerer Grenzstrukturen, ob das entstehende Produkt bei Deprotonierung der Hydroxygruppe am Kohlenstoff-Atom 3 oder 4 besser stabilisiert ist. [8 BE]

2021 Aufgabe A2

- 3 Manuka-Honig hat einen pH-Wert von ca. 4. Dieser ist auf die im Honig enthaltenen organischen Säuren wie Zimtsäure ((E)-3-Phenylpropensäure) zurückzuführen. Der pK_s -Wert dieser Säure beträgt 4,4.
 - 3.1 Formulieren Sie die Strukturformelgleichung für die Protolysereaktion von Zimtsäure mit Wasser. [3 BE]
 - 2 Berechnen Sie die Anfangskonzentration einer Zimtsäurelösung mit einem pH-Wert von 4,01 und vergleichen Sie diesen Wert mit der Konzentration einer Salzsäurelösung des gleichen pH-Werts. Begründen Sie den Unterschied. [6 BE]