

## Hinweis

Bei dieser Datei handelt es sich um ein Protokoll, das einen Vortrag im Rahmen des Chemielehramtsstudiums an der Uni Marburg referiert. Zur besseren Durchsuchbarkeit wurde zudem eine Texterkennung durchgeführt und hinter das eingescannte Bild gelegt, so dass Copy & Paste möglich ist – aber Vorsicht, die Texterkennung wurde nicht korrigiert und ist gerade bei schlecht leserlichen Dateien mit Fehlern behaftet.

Alle mehr als 700 Protokolle (Anfang 2007) können auf der Seite [http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen\\_experimentalvortrag.html](http://www.chids.de/veranstaltungen/uebungen_experimentalvortrag.html) eingesehen und heruntergeladen werden.

Zudem stehen auf der Seite [www.chids.de](http://www.chids.de) weitere Versuche, Lernzirkel und Staatsexamensarbeiten bereit.

Dr. Ph. Reiß, im Juli 2007

## Protokoll zum Experimentalvortrag:

### Chemie der Lebensmittelzubereitung

#### 1. Teil Einleitung

##### Idee

Lebensmittel in den Zusammenhang mit Chemie zu bringen, bedeutet für viele Lebensmittelanalytik, also die Suche nach den Inhaltsstoffen, Rückstände aus der Produktion und Zusatzstoffen bei der Weiterverarbeitung. Im Vordergrund steht dabei meist die Frage nach deren Unbedenklichkeit oder Nutzen für unsere Gesundheit. Hier spielt sicherlich auch die Emotionalisierung unserer Gesellschaft gegenüber der Chemie eine Rolle. Chemie ist für sie eher etwas schlechtes und giftiges. Sie gehört in das Labor aber nicht in die Küche. So werden Lebensmittelfertigprodukte (z.B. Tütensuppen) oft abgelehnt, da man vermutete, daß es sich um die „reine Chemie“ handelt.

Die Chemie ist die Wissenschaft, die die Eigenschaften von Stoffen - insbesondere deren Veränderungen - beobachtet und mißt. Im allgemeinen sind wir es nicht gewohnt die stoffliche und äußerliche Veränderung von Lebensmittel bei der Zubereitung als chemische Reaktionen zu betrachten.

Der Vortrag will zeigen, daß es sich bei der Zubereitung von herkömmlichen Lebensmitteln um Chemie handelt. Ich möchte auf die funktionellen Eigenschaften der Lebensmittelinhaltsstoffe eingehen. Insbesondere soll deren Zubereitung schon als chemische Reaktion betrachtet werden. Im Hintergrund stehen analytische Untersuchungen auf Zusammensetzung der Lebensmittel und auf Zusatzstoffe, die ich nur sehr gezielt einbringen werde. Sonst setze ich die Kenntnis über die Zusammensetzung der Lebensmittel einfach voraus oder teile sie ohne Nachweis mit.

Die Kenntnis über die funktionellen Eigenschaften von Lebensmittelinhaltsstoffen und deren Chemie helfen die bekannten „Zubereitungseffekte“ und die traditionellen Küchenpraktiken zu verstehen und zu verbessern. So führen sie zur modernen Lebensmitteltechnologie. Deren Bewertung hier zunächst offen bleibt.

Anhand eines dreigängigen Menus sollen im Vortrag einige „Zubereitungseffekte“ und traditionelle Küchenpraktiken besprochen werden.

Das Menu besteht aus einer Rohkost als Vorspeise, einem Rinderkochfleisch mit Aioli und Weißbrot (französisch) als Hauptgang und einer Ananasquarkspeise, die auch in ein Ananasquarkeis verwandelt werden kann, als Nachtisch.

Das Menu wird im Vortrag nicht vorgekocht, sondern nach naturwissenschaftlicher Manier isoliere ich die wesentlichen Aspekte und führe die entsprechenden Effekte und Untersuchungen im Labor-(Vortrags-)maßstab vor.

## Gliederung und Ablauf

Die Gliederung des Vortrags richtet sich nach der Menüabfolge.

### Vorspeise:

Am Beispiel der Extraktion von Karotten, einmal mit Speiseöl und einmal mit Essig (V1), möchte ich auf die Fettlöslichkeit von physiologisch wertvollen Pflanzeninhaltsstoffen hinweisen.

### Hauptspeise:

1. Rinderkochfleisch: Neben dem mikroskopischen Aufbau von rohen Fleisch und der sich ergebenden Veränderungen beim Kochen (V2), soll vor allem auf das Zartwerden von Fleisch beim Kochvorgang erläutert werden. Durch den Protein-Nachweis in Fleischbrühe (V3) soll die Kollagenauflösung bewiesen werden. Mit ihr ist auch die Gelbildung bei der Herstellung von Sülzen verbunden. Eine weitere Art der Fleischzartmachung ist die Behandlung mit proteolytischen Enzymen. Am Beispiel des Fleischzartmachers Papain soll deren Wirkung gezeigt werden. Legt man Fleisch in eine Papain-Lösung ein, sind nach einstündiger Einwirkungsdauer freie Aminosäuren in der Lösung nachweisbar.
2. Mayonnaise (Aioli): Die wesentlichen Mechanismen der Emulsionsbildung ist aus früheren Vorträgen hinreichend bekannt. Es soll ein Modell vorgestellt werden, das die Mikrostrukturen von Eigelb in Abhängigkeit ihrer Zubereitung (Kochsalzzugabe vor oder nach der Emulsionsbildung) berücksichtigt. Experimentell will ich die Herstellung von Mayonnaise aus gekochtem Eigelb zeigen (V5); die Emulgatoren sind auch in gekochten Eiern noch intakt.
3. Weißbrot: Zunächst möchte ich die bei uns üblicherweise erhältlichen Mehltypen und ihre Zusammensetzung aufzeigen und die Begriffe Typ und Ausmahlungsgrad in Verbindung mit dem Helligkeitsgrad des Mehls (V6) bringen. Ein Teig soll ausgewaschen werden und die Inhaltsstoffe Stärke und Proteine nachgewiesen werden (V7). Die funktionellen Eigenschaften dieser Inhaltsstoffe bei der Teigherstellung und dem Backprozeß (V8) soll gezeigt werden. Die Kleberproteine werden nach ihrer Löslichkeit in die sogenannten Osborne-Fractionen eingeteilt. Kleberschwache Mehle werden vor der Herstellung von großvolumigen Gebäck mit Ascorbinsäure behandelt. Die Ascorbinsäure wird nachgewiesen (V9) und der Mechanismus der Kleberstärkung durch Ascorbinsäure erklärt. Dann soll auch noch die Maillard-Reaktion am Beispiel der Brotaroma-Bildung angesprochen werden.

### Nachtisch:

Das Phänomen des Bitterwerdens von Quark, der mit frischen Ananas zubereitet ist, beruht ebenfalls auf der Wirkung des proteolytischen Enzyms Bromelain, das in der Ananas enthalten ist. Der Bittergeschmack rührt von den entstehenden freien Aminosäuren her. Die meisten L-Aminosäuren haben einen bitteren Geschmack. Die freien Aminosäuren werden als Beweis der Enzymwirkung nachgewiesen.

## 2. Teil Versuchsvorschriften

### V1 Extraktion von Karotten

Je 5g geraspelte Karotten werden in einer Reibschale einmal mit 10mL Speiseöl und einmal mit 10mL Salatessig verrieben. Nach fünfminütiger Einwirkdauer zieht man die Extraktionsmittel mit einer Spritze mit Mikrofilter-Vorsatz ab. Im optischen Vergleich mit einer Blindprobe des jeweiligen Extraktionsmittels zeigt sich, daß sich das Öl nach der Extraktion gelb-orange gefärbt hat, während der Essig seine Farbe behalten hat. Die Verfärbung ist auf das fettlösliche Provitamin A  $\beta$ -Carotin zurückzuführen.

### V2 Mikroskopische Schnitte von rohem und gekochtem Fleisch

Von rohem Fleisch und gekochtem Fleisch werden mit einer Rasierklinge mikroskopische Schnitte angefertigt, die man mit verdünnter Methylenrot-Lösung anfärbt. Die Schnitte von rohem Fleisch gelingen am besten, wenn man das Fleisch vorher einfriert. In einem Mikroskop (evt. Projektionsmikroskop) kann man dann beobachten, daß rohes Fleisch nur schwach angefärbt wird. Die Muskelfasern sind netzartig angeordnet, zwischen ihnen liegt das schwach gelbe Bindegewebe. Das gekochte Fleisch ist wesentlich stärker angefärbt, da sich aus ihm das Kollagen gelöst hat und an seine Stelle das Methylenrot eindringen konnte.

### V3 Protein-Nachweis in Fleischbrühe

Zunächst stellt man sich eine dünne Fleischbrühe her. Dazu bedeckt man einige Stücke Fleisch mit Wasser und läßt sie bei 80-90°C 1 Stunde garen. Zum Protein-Nachweis entnimmt man einen Teil der Fleischbrühe und führt den Biuret-Nachweis durch. Man versetzt mit NaOH-Lösung ( $c(\text{NaOH})=2\text{mol/L}$ ) und 1%iger  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -Lösung. Bei positiven Nachweis entsteht eine rot bis blauviolett Färbung. Blindprobe!

### V4 Fleischzartmacher Papain: Aminosäure-Nachweis

Man setzt sich eine stark verdünnte wäßrige Papain-Lösung (eine Mikrospatelspitze Papain auf 50mL genügt schon) an. In der Lösung legt man für eine Stunde ein Stück Fleisch ein. Man entnimmt einen Teil der Lösung und versetzt sie mit einer 2%igen wäßrigen Ninhydrin-Lösung. Nach Erhitzen -am besten in einem Wasserbad- verfärbt sich bei positiven Nachweis blau. Reaktion kann verzögert eintreten. Blindprobe!

### V5 Herstellung einer Mayonnaise mit gekochtem Eigelb

In einem Mörser mit Pistill verreibt man ein gekochtes Eigelb mit etwas Kochsalz und einem Eßlöffel Essig. Dann läßt man im dünnen Strahl 100mL Speiseöl unter ständigem Verreiben zu fließen. Es entsteht eine stabile Mayonnaise. Genaue Salz- und Essigmenge sind vorher auszuprobieren. Sie sind von der Größe, der Qualität und dem Alter der Eier abhängig.

### V6 Helle und dunkle Mehle

Der Versuch ist aus der Qualitätskontrolle der Mehle in Mühlen angeguckt. Man gibt einige Löffel Mehl verschiedenen Typs nebeneinander auf eine raue Unterlage (geeignet sind unglasierte Tonteller) und drückt sie fest. Nun kann man den Teller in eine Schüssel mit Wasser tauchen oder mit Wasser besprühen. Nach kurzer Quelldauer werden die Helligkeitsunterschiede der verschiedenen Mehltypen deutlich sichtbar.

### V7 Auswaschung eines Teiges: Protein- und Stärke-Nachweis

Aus 50g Mehl des Typs 550, 30mL Wasser und 1g Kochsalz stellt man sich einen Teig her, den man 2 Minuten gründlich durchknetet und dann 30 Minuten ruhen läßt. In einem großen Becherglas versetzt man ihn mit 100mL Wasser und knetet weiter. Die Stärke wäscht sich aus. Man gießt ab und wiederholt den Vorgang. Bis das abgegossene Wasser klar ist. Zurück bleibt eine zähe, dehnfähige Masse, die Proteine. Aus dem abgegossenen Wasser kann man mit einer

verdünnten KI/I<sub>2</sub>-Lösung die Stärke nachweisen. Der Protein-Nachweis erfolgt wieder mit der Biuret-Probe (s. V3).

#### V8 Teigherstellung und Backprozeß

Man setzt sich jeweils aus 5g Mehl Typ 405, Typ 550, Typ 1050, Weizengluten und Weizenstärke, 0,15g Kochsalz und 7ml einer Zucker-Hefe-Aufschlammung (5g Hefe, 5g Zucker und 50mL lauwarmes Wasser) eine Teig an. Die Teigproben werden bei 40°C für ca 1 Stunde in eine Trockenschrank gestellt. Man vergleicht die Proben. Deutlich werden die funktionelle Eigenschaften der Weizeninhaltsstoffe. Das Weizengluten ist verantwortlich für das Gashaltvermögen des Teigs. Auch der Teig aus Weizenstärke geht auf, aber erbildet kein stabiles Gerüst und fällt schnell zusammen. Auch das Gashaltvermögen der unterschiedlichen Mehltypen ist zu beobachten. Die so hergestellten Teige kann man im auf 200°C vorgeheizten Trockenschrank 20 Minuten backen. Die funktionellen Eigenschaften werden bestätigt, während das Gluten noch weiter aufgeblasen wird, fällt die Stärke zusammen und verkleistert.

#### V9 Ascorbinsäure-Nachweis in Mehlen

Wie in V6 bereitet man sich die verschiedenen Mehltypen auf einem Teller vor und besprüht sie mit Taubers Reagenz (Zusammensetzung s. Teil 3: Theorie zu den Versuchen / Lösung 1 und Lösung 2 1:1). Auf ascorbinsäurehaltigen Mehlen entstehen blaue Flecken. Der Nachweis mit Taubers-Reagenz kann vorher im Reagenzglas mit einer Ascorbinsäure-Lösung vorgeführt werden. Als Blindprobe kann man ein ascorbinsäurefreies Mehl selbst mit Ascorbinsäure versetzen.

#### *Bemerkung:*

Mehl des Typs 405 ist in aller Regel nicht mit Ascorbinsäure behandelt. Die zum Backen von Brötchen und Brot typischen Mehltypen 550 und 1050 werden dagegen standardmäßig schon in den Mühlen behandelt.

Die Mehle des Typs 405, 550 und 1050 sind bei uns im Lebensmittelhandel problemlos zu erhalten. Weizenstärke ist auch erhältlich man muß sich nur versichern, daß Produkte wie Gustin, Mondamin u. ä. nicht aus Mais oder Kartoffelstärke bestehen.

Weizenstärke und Weizengluten kann man auch über die Mühlen oder eventuell beim Bäcker beziehen.

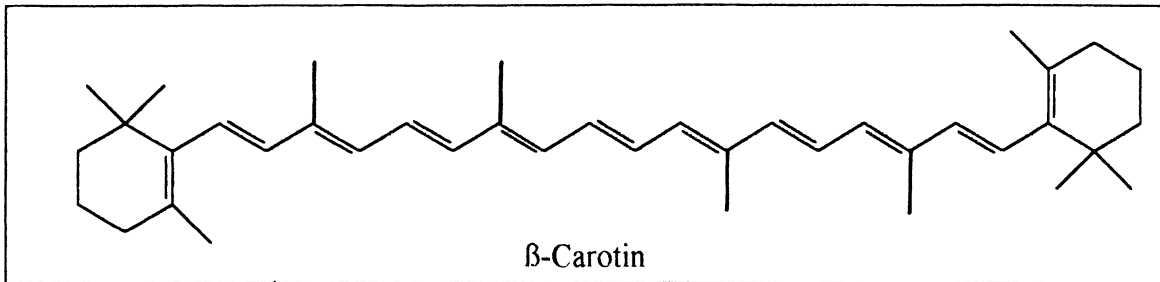
#### V10 Aminosäure-Nachweis in Ananasquark

Jeweils 5g Quark versetzt man mit einmal 10mL frischen Ananassaft, einmal 10mL gekochten Ananassaft und einmal mit 10mL Wasser. Nach 30 Minuten führt man wie in V4 einen Aminosäure-Nachweis durch. Der Nachweis ist bei allen Proben positiv, da auch in Quark freie Aminosäuren vorhanden sind. Doch ist die Blaufärbung bei der Probe mit frischem Ananassaft am stärksten. Nur in ihm sind die proteolytischen Enzyme aktiv. Im gekochten Ananassaft sind die Proteine denaturiert.

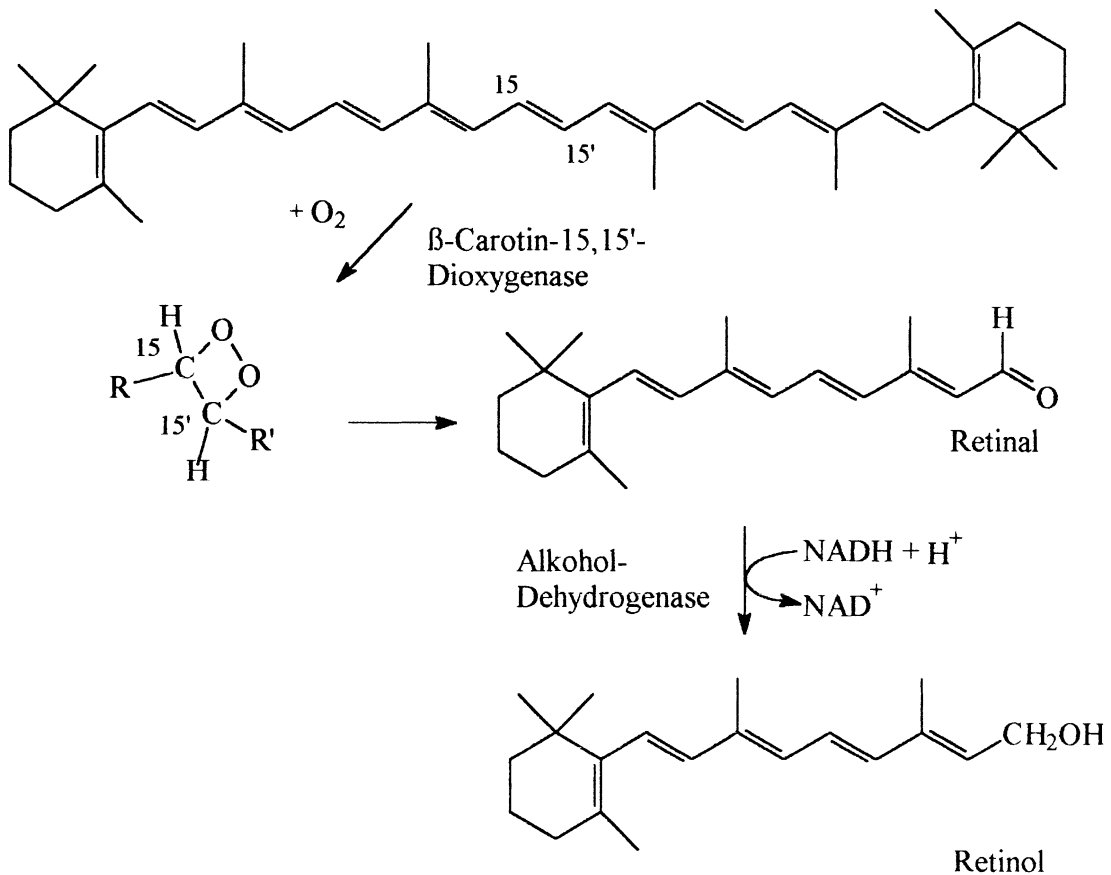
### 3. Teil Theorie zu den Versuchen (Kopie der Folien)

s. folgende Seiten

## β-Carotin (Provitamin A)



### Resorption und Bildung von Retinal und Retinol aus β-Carotin (in der Darmschleimhaut und der Leber)

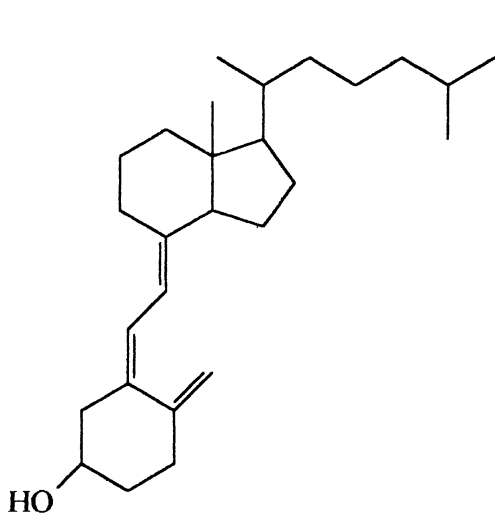


### Retinol (Vitamin A<sub>1</sub>)

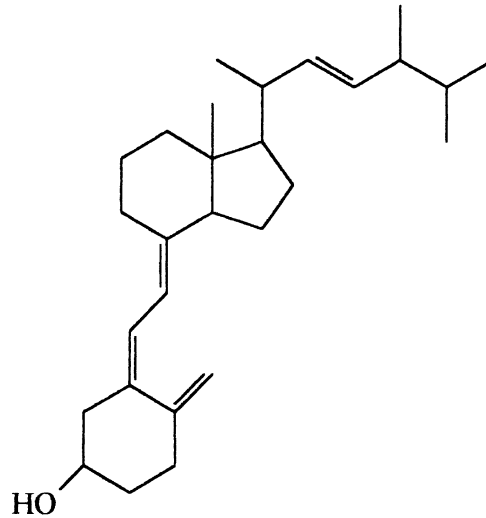
- Speicherung als Retinyl-Fettsäureester in der Leber
- Physiologie:
  - notwendig für die Entwicklung und Funktion der Haut und Schleimhäute
  - antikanzerogene Wirkung
  - als Retinal für den Sehvorgang unentbehrlich

## Weitere fettlösliche Vitamine

### Vitamin D:

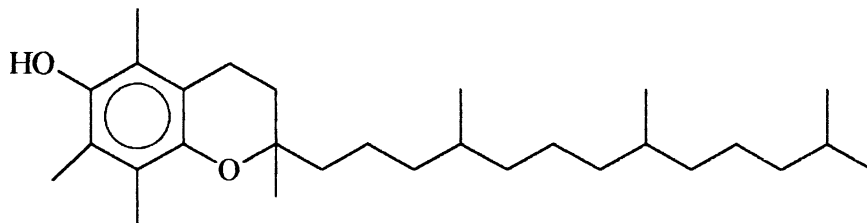


Cholecalciferol (Vitamin D3)



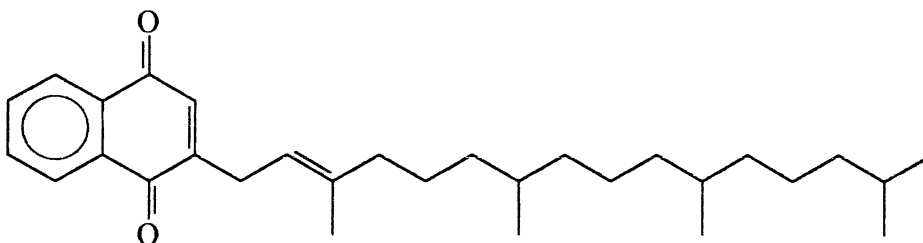
Ergocaliferol (Vitamin D2)

### Vitamin E:



$\alpha$ -Tocopherol

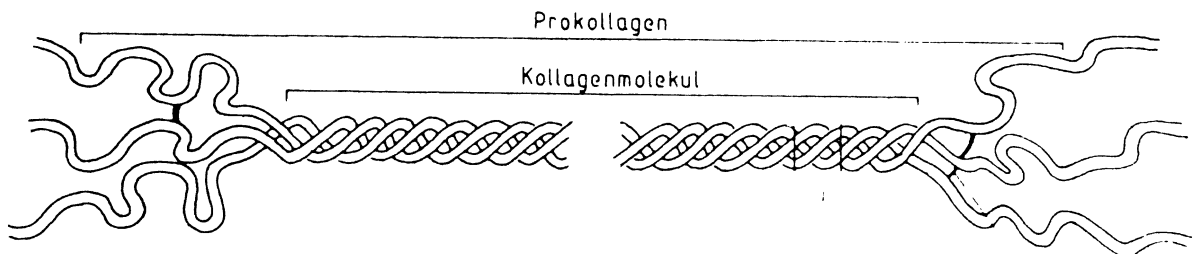
### Vitamin K:



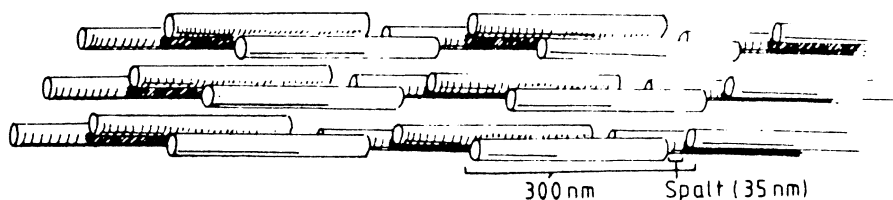
Phytomenadion (Vitamin K1)

## Kollagen

- Bindegewebsprotein
- Anteil am Gesamtprotein bei Säugetieren: ca. 20-25%
- charakteristische Aminosäurezusammensetzung:
  - hoher Gehalt an Glycin und Prolin
  - Vorkommen von 4-Hydroxyprolin und 5-Hydroxylysin
- Typen: fünf verschiedene Typen, die charakteristisch für die unterschiedlichen Organe und Muskelgewebe sind; Unterschiede im Aufbau
- Aufbau: drei Peptidketten treten zu einer Tripelhelix zusammen



- Zusammenlagerung mehrerer Kollagen-Moleküle führt zu Kollagenfasern

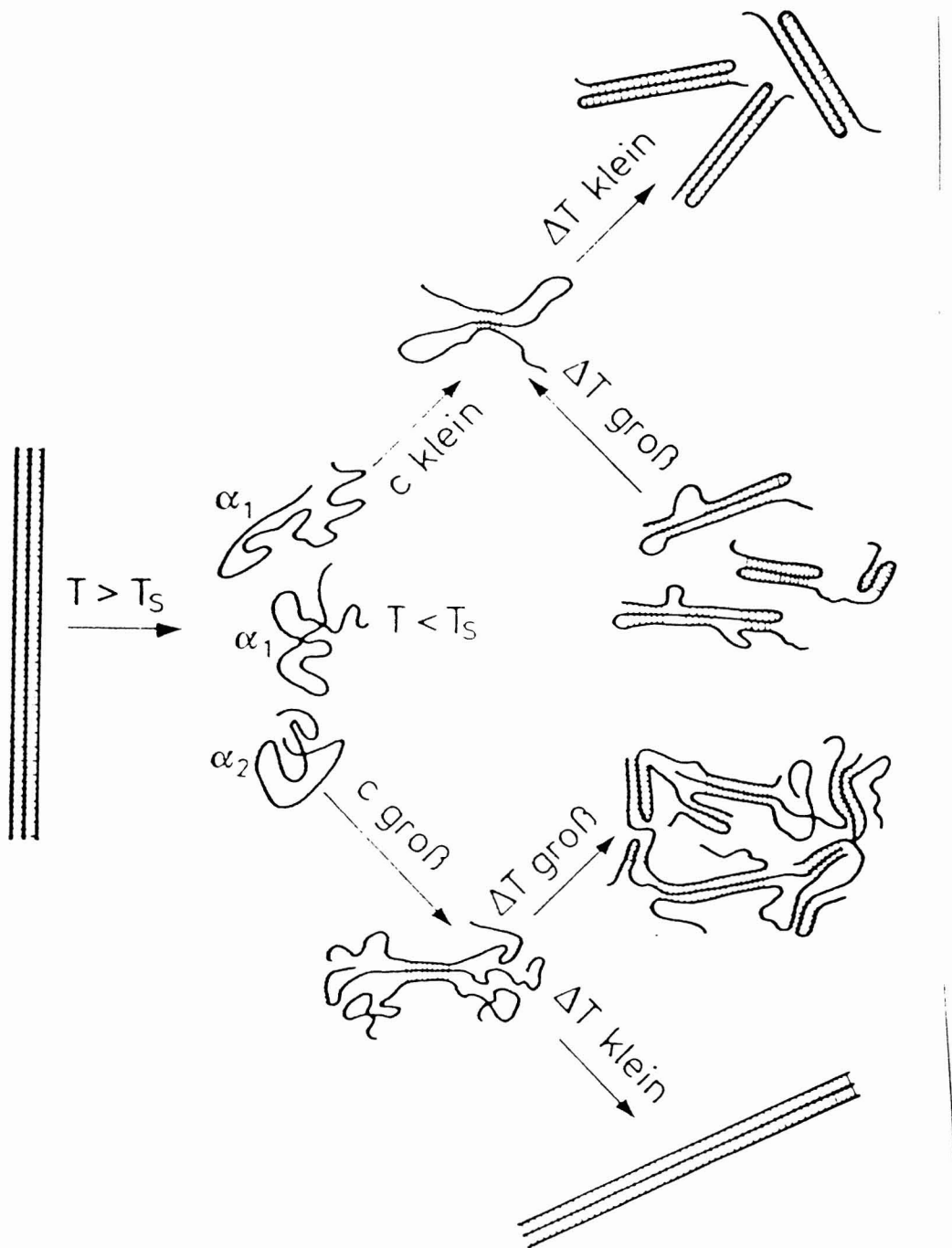


- Quervernetzung innerhalb und zwischen den Tripelhelices findet über Seitenketten der Aminosäuren Lysin und Histidin statt
- partiell denaturiertes oder aufgelöstes Kollagen wird als Gelatine bezeichnet

## Kollagenauflösung und Gelbildung

### a) Hitzeeinwirkung

- bei einer bestimmten Temperatur  $T_S$  schrumpft das Kollagen
- ist  $T > T_S$  beginnt sich die Tripelhelix, unter Bildung von Gelatine aufzufalten
- in Abhängigkeit der Konzentration  $c$  der Gelatinelösung und des Temperaturgradienten  $\Delta T$  erfolgt wieder der Übergang zu geordneten Strukturen

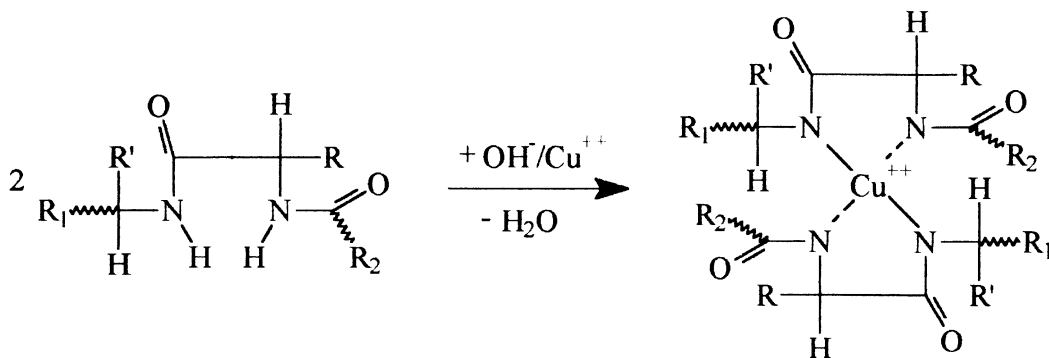


## b) Einwirkung proteolytischer Enzyme

- Papain (aus dem Saft unreifer Papaya), Bromelain (aus der Ananas), Ficin (aus Feigen) und Actiniden (aus der Kiwi) [ $\rightarrow$  Cysteinproteinasen]
- synthetisches Papain ist Bestandteil von Fleischzartmachern
- proteolytische Enzyme entfalten nicht nur die Tripelhelix-Strukturen, sie bauen auch die Gelatine zu freien Aminosäuren ab ( $\rightarrow$  keine Gelbildung)
- auch die Fleischreifung („Abhängen“) beruht auf der enzymatischen Spaltung des Kollagen

## Biuret-Reaktion

- Nachweis von Proteinen



rot- bis blauviolett

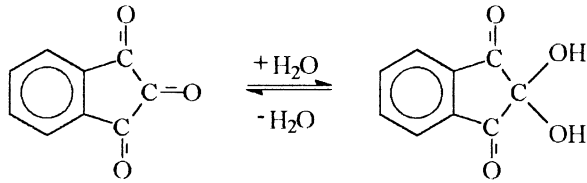
$\text{R}_1, \text{R}_2$  : Peptidketten-Reste

$\text{R}, \text{R}'$  : Aminosäure-Reste

# Ninhydrin-Reaktion

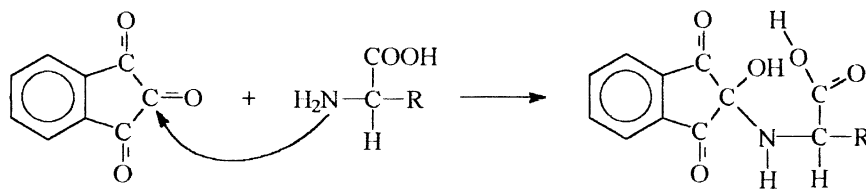
- Nachweis freier Aminosäuren

Reaktionsmechanismus (stark verkürzt):

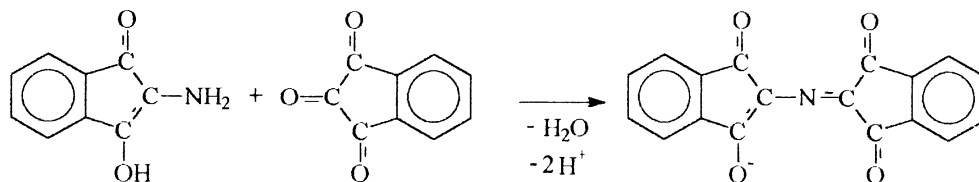
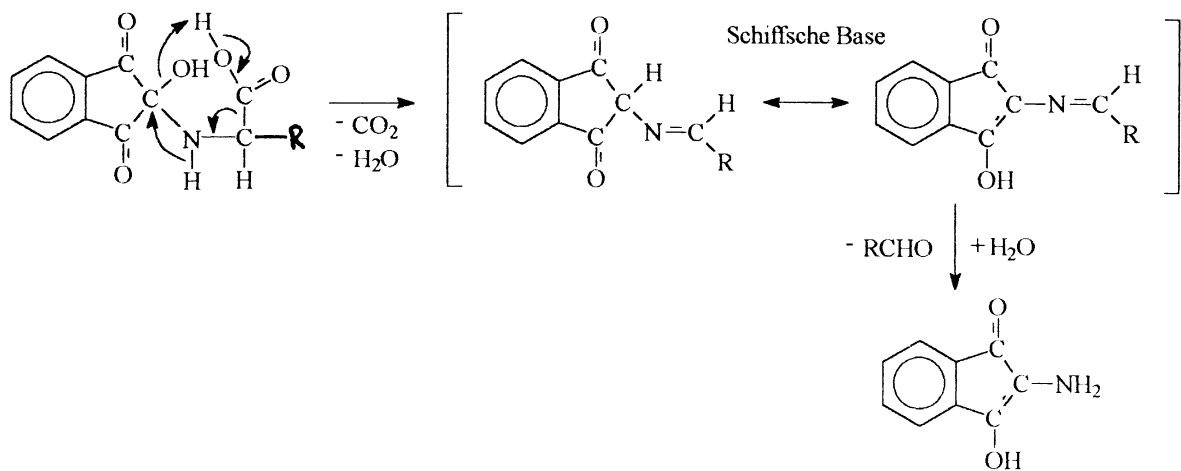


Indan-1,2,3-trion  
(Ninhydrin)

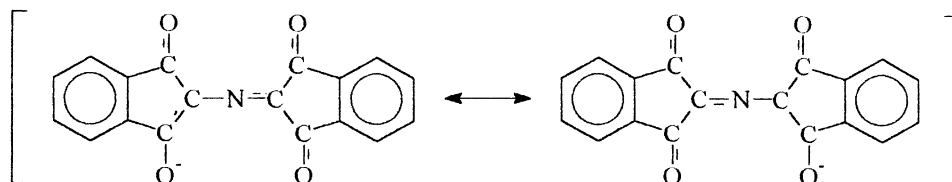
Indan-1,2,3-trion-2-hydrat  
(Ninhydrinhydrat)



Halbaminol

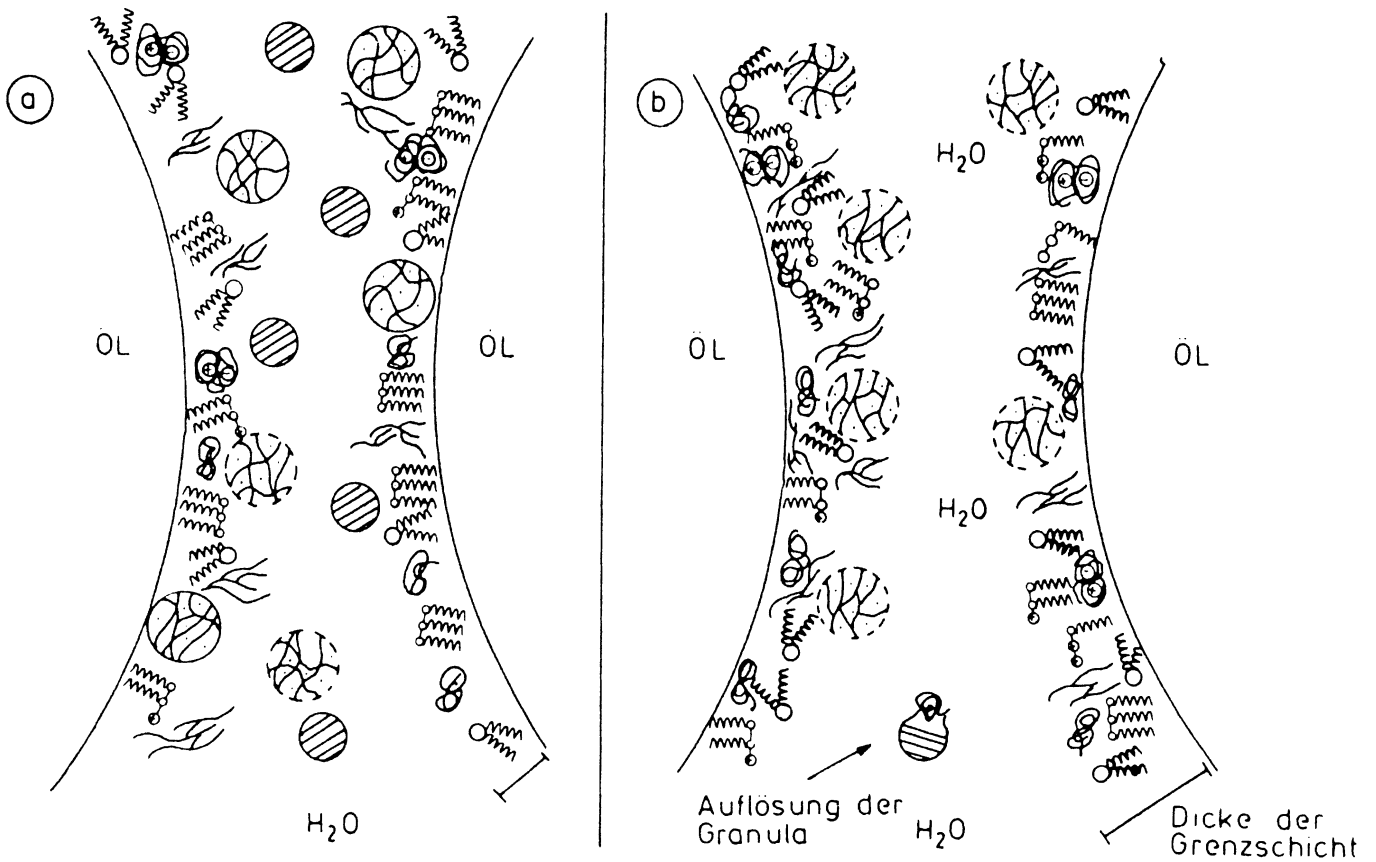


Diketiminanion

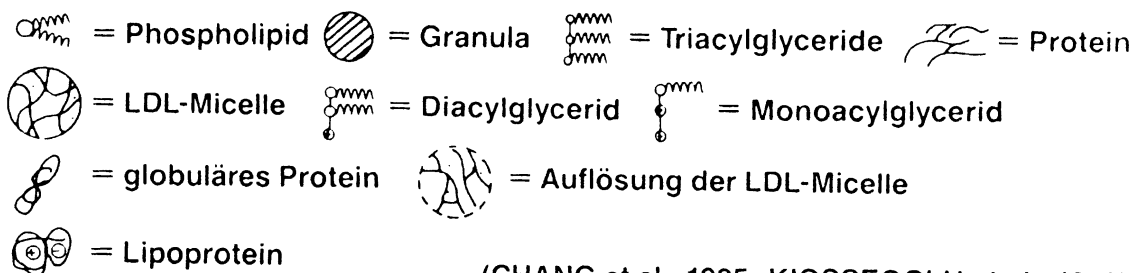


## Modell der Emulsionsbildung bei einer Mayonnaise

- Öl/Wasser-Emulsion
- auf die Lecithine berechnetes Emulsionsvermögen eines Eigelbes: 2,5-3L Öl



Wechselwirkungen und Aufbau der Lamellenschicht um einen Öltröpfchen bei einer Mayonnaise a) ohne Kochsalz b) mit Kochsalzzusatz



(CHANG et al., 1985; KIOSSEOGLU et al., 1983)

- Emulgatoren sind auch bei hartgekochten Eiern intakt

# Weizenmehl

## Zusammensetzung

Abhängigkeiten:

- Anbaubereich, Düngung und Wetter
- Ausmahlungsgrad

<b>Mehltype</b>	<b>Wasser</b>	<b>Protein</b>	<b>Fett</b>	<b>K.-hydrate</b>	<b>M.-stoffe</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>405</b>	14	11	1	74	0,4
<b>550</b>	14	11	1	74	0,5
<b>1050</b>	14	12	2	70	1,0

Rohfasergehalt ist unberücksichtigt!

## Typen-Bezeichnung

Die Mehlmtype gibt den Wert der aus 100g getrocknetem Mehl erhältlichen Asche (in mg) an.

Der Aschegehalt stimmt im wesentlichen mit dem Mineralstoffgehalt des Mehls überein.

## Ausmahlungsgrad

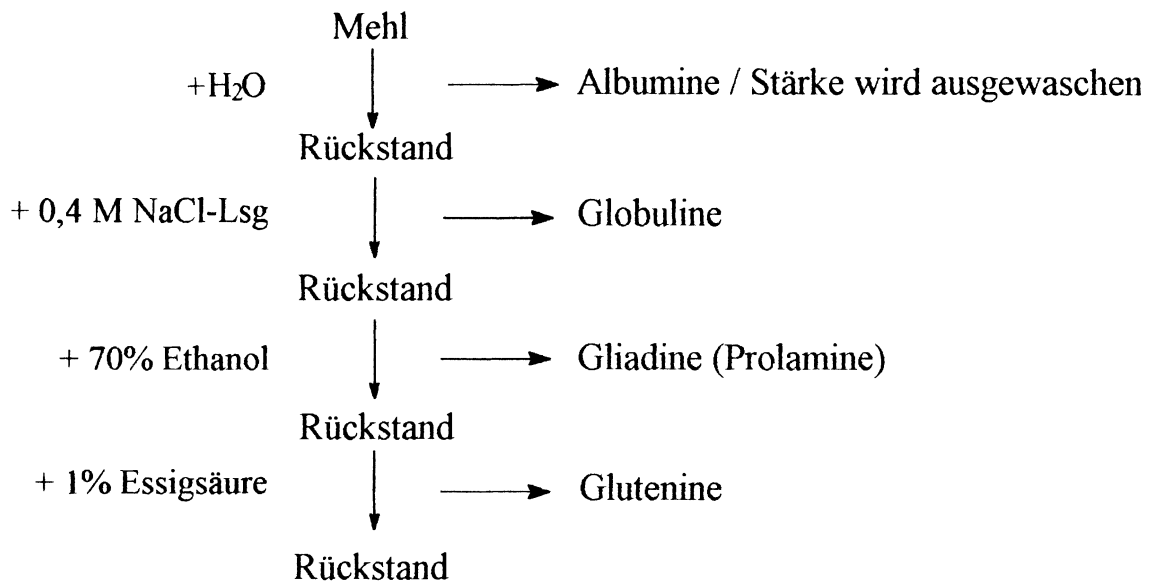
Das Verhältnis von ermahlenem Mehl zu eingesetzten Mehl in Prozent wird als Ausmahlungsgrad bezeichnet.

Je höher der Ausmahlungsgrad, desto höher der Gehalt an Bestandteilen der Kornschale und des Keimlings im Mehl und desto dunkler ist das Mehl.

# Weizenproteine

## Osborne-Fractionen

- Einteilung der Weizenproteine nach ihrer Löslichkeit



## Kleberproteine

- Gliadine- und Glutenine-Fractionen = Kleber (Gluten)
- Kleberanteil am Gesamtprotein: 80%

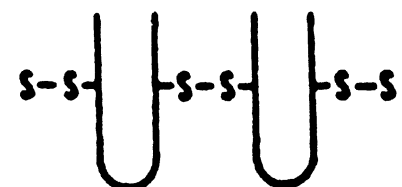
### Gliadine (Prolamine):

- monomere Proteineinheiten mit intramolekularen Disulfidgruppen
- niedrige Molmasse
- geringe Elastizität, hohe Dehnbarkeit



### Glutenine:

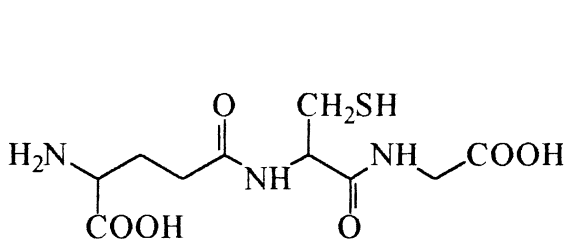
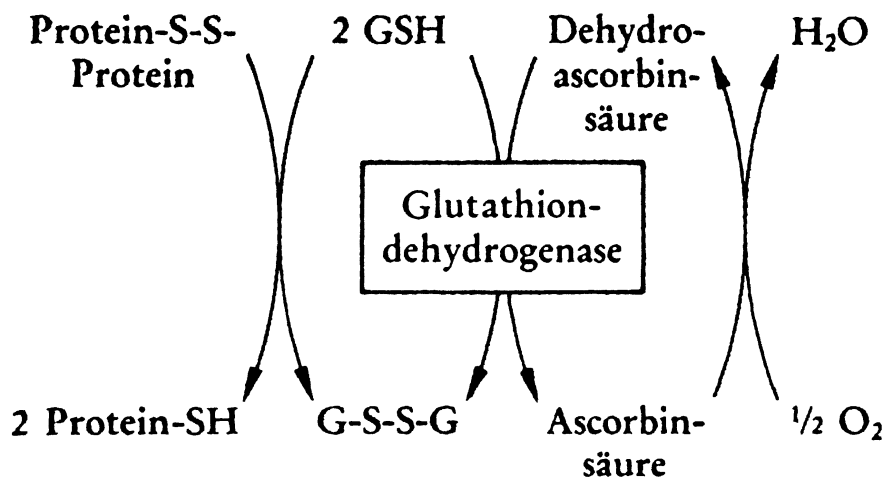
- einzelne Proteineinheiten sind über kovalente Disulfidbrücken verbunden
- hohe Molmasse
- hohe Elastizität, geringe Dehnbarkeit



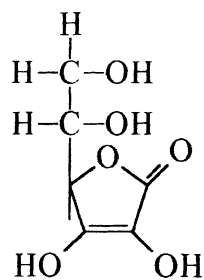
## Mehlzusatzstoff: Ascorbinsäure

- europäische Weizensorten sind im allgemeinen „kleberschwach“
- ein starker Kleber ist aber die Voraussetzung zur Herstellung von großvolumigen Gebäck (Brötchen, Brot u.ä.)
- zum Backen von Brötchen und Brot werden die Mehltypen 550 und 1050 verwendet
- beide Mehltypen werden in den Mühlen mit 2-7g Ascorbinsäure pro 100kg Mehl versetzt

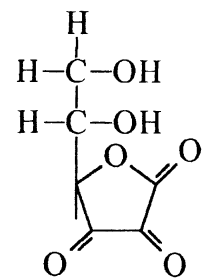
### Kleberstärkung durch Ascorbinsäure-Zusatz



Glutathion  
=  $\gamma$ -L-Glutamyl-L-cysteinyl-glycin (GSH)



L-Ascorbinsäure



Dehydro-L-Ascorbinsäure

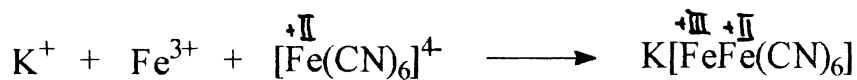
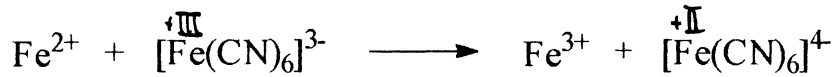
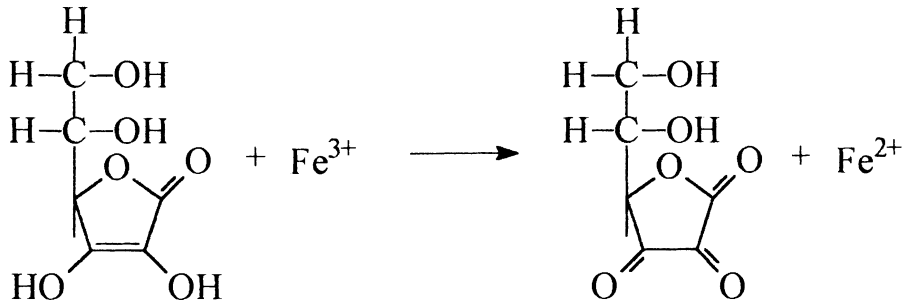
## Nachweis von Ascorbinsäure im Mehl

Taubers Reagenz:

Lösung 1: 0,4%ige  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ -Lösung („rotes Blutlaugensalz“)

Lösung 2: 1g  $\text{Fe}_2\text{SO}_4$  in 18%iger  $\text{H}_3\text{PO}_4$ -Lösung gelöst; mit  $\text{KMnO}_4$  stabilisiert

Reaktion:



lösliches Berlinerblau

- sollten  $\text{Fe}^{2+}$ -Ionen im Überschuß entstehen, kann auch das unlösliche Berlinerblau  $\overset{+III}{\text{Fe}}[\overset{+III}{\text{Fe}}\overset{+II}{\text{Fe}}(\text{CN})_6]_3$  entstehen

## Maillard-Reaktion

L.C. Maillard (1912): Die Umsetzung von Glucose mit der Aminosäure Glycin ergibt einen braunen Niederschlag unter Abgabe von CO<sub>2</sub>.

⇒ „nicht-enzymatische“ Bräunungsreaktion

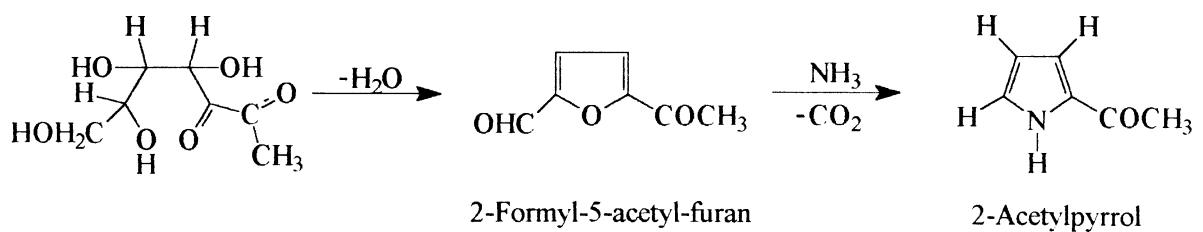
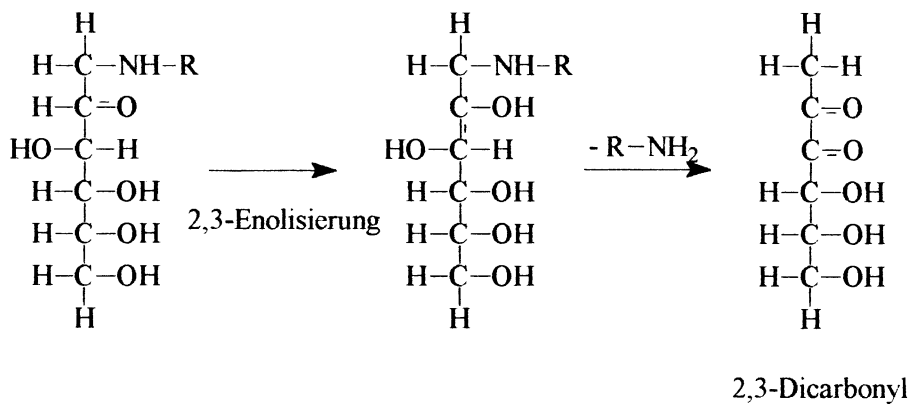
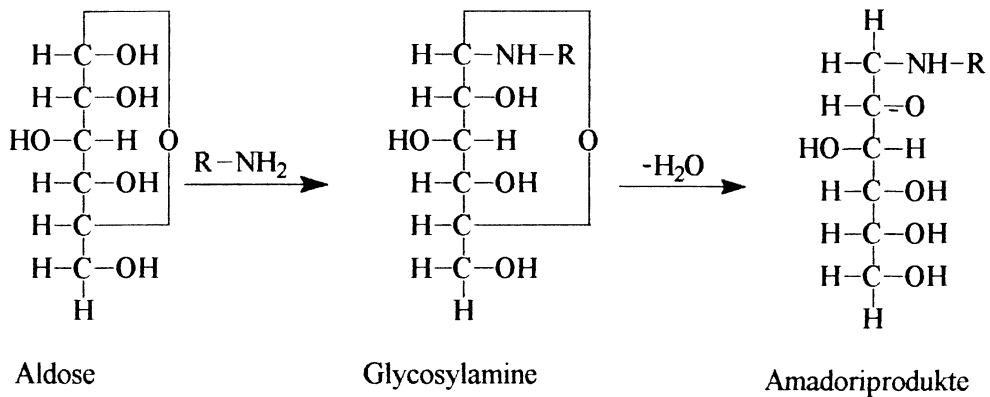
Allgemein (heute): Die Umsetzung von reduzierenden Zuckern mit Aminosäuren, Peptiden und Proteinen zu braunen Pigmenten und zahlreichen Geruchs- und Geschmackstoffen.

### Unterteilung in 2 Phasen:

1. Phase: Aus reduzierenden Zuckern und Aminosäuren usw. entstehen reaktive Zwischenprodukte.
2. Phase: Die Zwischenprodukte können unterschiedliche Folgereaktionen eingehen, wie z.B. den Streckerabbau, Cyclisierungen, Kondensationen und Polymerisationen.

# Entstehung des Brotaromas

- Beispiel für die Maillard-Reaktion



## Geschmack von Aminosäuren

- die meisten L-Aminosäuren schmecken bitter

### Aminosäuren der Milch und ihr Geschmack

Aminosäure	Anteil am Gesamtprotein %	Geschmack	Erkennungsschwellenwert mmol/L
Alanin	3,7	süß	12-18
Arginin	3,6	bitter	
Asparaginsäure	8,2	neutral	
Cystin	0,8	neutral	
Glutaminsäure	22,8	nach Fleischbrühe	
Glycin	2,2	süß	25-35
Histidin	2,8	bitter	45-50
Isoleucin	6,2	bitter	10-12
Leucin	10,4	bitter	11-13
Lysin	8,3	bitter	80-90
Methionin	2,9	schweflig	-
Phenylalanin	5,3	bitter	5-7
Prolin	10,2	bitter	25-27
Serin	5,8	süß	25-35
Threonin	4,8	süß	35-45
Tryptophan	1,5	bitter	4-6
Tyrosin	5,4	bitter	4-6
Valin	6,8		

## Literatur

- Belitz/Grosche *Lehrbuch der Lebensmittelchemie* , Springer Verlag
- Ternes *Naturwissenschaftliche Grundlage der Lebensmittelzubereitung* , Behr's Verlag
- Kurti/This-Benckhard *Chemie und Physik in der Küche* , in: Spektrum der Wissenschaft 6/94
- Deifel *Die funktionellen Eigenschaften wichtiger Inhaltsstoffe des Weizenmehls ...* , in: NiU-Chemie 5/94
- Eichner *Veränderung der Lebensmittel bei der Zubereitung und Verarbeitung* , in: NiU-Chemie 6/95
- Pfeifer/Winkler *Unterscheidung und Charakterisierung verschiedener Mehle ...* , in: NiU-Physik/Chemie 5/83
- Tröller *Die Ursache des Bitterwerdens von Milchprodukten bei Zusatz von frischer Ananas* , in: NiU-Chemie 3/92
- Deifel *Die Chemie der L-Ascorbinsäure in Lebensmitteln* , in: ChiuZ 4/93
- Lück *Chemie im Kochtopf* , in: ChiuZ 5/89
- Deutsches Apotheker Buch 10
- Breuer/Breuer *Reaktionsmechanismus der Ninhydrinprobe* , in: PdN-Chemie 3/96