

Untersuchung von Lebensmitteln im künstlichen Magensaft

Teilnehmer (mit Alter): Thilo Rabens (12) Siegfried Sauer (12)

Schule: Christliches Gymnasium Jena

Projektbetreuer/in: Christina Walther

Thema des Projekts: Magensaft/ Verdauung/ Lebensmittel/ Eiweiße/ Säuren

Fachgebiet: Chemie

Wettbewerbssparte: Schüler experimentieren

Bundesland: Thüringen

Wettbewerbsjahr: 2019/2020



**CHRISTLICHES
GYMNASIUM
JENA**

Inhalt

.....	1
Inhalt	2
Einleitung	2
Vorgehensweise	3
Ergebnisse.....	3
13.11.19 Bei Start: 10:50Uhr	3
13.11.19: 14:10Uhr	4
14.11.19: 7:45Uhr	5
14.11.19: 9:45Uhr	5
15.11.19: 7:50Uhr	6
18.11.19: 7:45Uhr	6
19.11.19: 7:50Uhr	6
20.11.19: 7:45Uhr	7
27.11.19: 10:30Uhr	7
Ergebnisdiskussion	8
Fehlerbetrachtung.....	9
Zusammenfassung.....	9
Chemische Theorie und Formeln	10
Magensaft.....	10
Pepsin	12

Einleitung

Wir haben uns gefragt, was mit Lebensmitteln im Magen passiert. Also haben wir zunächst recherchiert, woraus Magensäure besteht. Magensäure ist ein Gemisch aus Salzsäure, Pepsin und anderen Stoffen. Pepsin ist ein Enzym, welches bei der Verdauung hilft und im Magen Eiweiße zersetzt.

Daraufhin haben wir nachgedacht, welche Lebensmittel eiweißhaltig und welche nicht eiweißhaltig sind.

Eiweißhaltige Lebensmittel	wenig Eiweißhaltige Lebensmittel
<ul style="list-style-type: none">• Käse• Fleisch• Fisch• Tofu• Gummibärchen	<ul style="list-style-type: none">• Brot• Kaugummi

Danach haben wir für 14 Tage diese Lebensmittel in destilliertes Wasser, Salzsäure, Salzsäure mit Pepsin und Cola eingelegt.

- Quellen:** - Magensaft- Chemie-Schule
 - Pepsin- Chemie-Schule
 - Magensaft- Lexikon der Ernährung

Vorgehensweise

Als Erstes haben wir die Lebensmittel kleingeschnitten. Anschließend haben wir sie in die beschrifteten Bechergläser gefüllt. Als Nächstes haben wir die vier verschiedenen Flüssigkeiten auf die auf zwei Gramm kleingeschnittenen Lebensmittel gegossen. Nun galt es, die Bechergläser in die im Chemieraum angebrachte Glasvitrine zu stellen. Wir stellten sie in Reih und Glied. Die sofortigen Veränderungen trugen wir in Formulare ein. Diese zeigten die Anordnung der Gläser in der Vitrine und deren Beschriftung. Zuletzt legten wir schwarze Pappe über die Bechergläser, um sie vor Licht zu schützen.

Ergebnisse

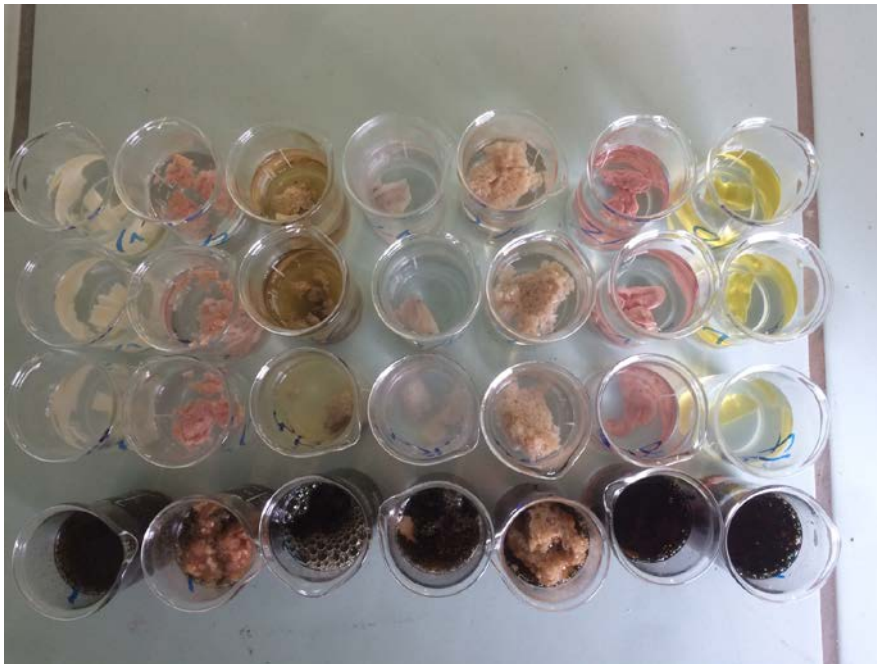


Abbildung 1: Nahrungsmittel beim Start des Versuchs

13.11.19 Bei Start: 10:50Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	k.V.	auf dem Boden liegen / sinken	auf dem Boden liegen / sinken	sprudelt, schwimmt oben
Fleisch	k.V.	wird blasser	wird blasser	aufquellen
Tofu	k.V.	Wird blasser	wird blasser	schwimmt unten

Fisch	k.V.	Wird heller	wird heller	Bildung einer Fettschicht
Brot	Ausdehnung	Ausdehnung, wird blasser	Ausdehnung, wird blasser	schäumt extrem, aufquellen
Kaugummi	k.V.	schwimmt auf Boden	schwimmt auf Boden	schwimmt auf Boden
Gummibärchen	k.V.	verformt sich, schwimmt auf Boden	verformt sich, schwimmt auf Boden	verblasst, schwimmt auf Boden, an Unterseite Bläschen

13.11.19: 13.00Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	wird weiß	schwimmt unten, wird weißer, schrumpft	schwimmt unten, wird weißer, schrumpft	wird weiß
Fleisch	wird blasser	wird blasser	wird blasser	wird blasser, Zerfall
Tofu	Fettschichtbildung	Wasser- verfärbung	sehr weiß, pelzig, Wasser- verfärbung	bröckelig
Fisch	weiß	weiß, Silberrücken am Boden	Zerfall, schrumpft	weiß, aufgeweicht
Brot	aufquellen, wird blasser	aufquellen, wird blass	aufquellen	extrem aufgequollen
Kaugummi	rosa, auf Boden	rosa, auf Boden	rosa, auf Boden	rosa, auf Boden, schwimmt oben
Gummibärchen	Gelatine tritt aus	großer Gelatineaustritt	klein, durchsichtig	Gelatineaustritt

13.11.19: 14:10Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	k.V.	k.V.	Wird kleiner	Extrem weiß
Fleisch	wird blasser	wird blasser	wird blasser	wird blasser, Zerfall
Tofu	k.V	wird weiß	wird weiß	scheint silbrig
Fisch	wird heller	wird heller	schwimmt teilweise oben, teilweise unten, wird blasser	Zerfall
Brot	wird weiß	quillt auf	quillt auf	quillt auf, starker Zerfall

Kaugummi	wird blasser	wird blasser	wird blasser	wird blasser
Gummibärchen	quillt auf, Gelatineschicht wird dünner, gelöster Zucker bildet Film	wird kleiner	fast komplett durchsichtig, Gelatinestücke schwimmen im Wasser	Gelatineschicht gebildet, Farbstoff bleibt unten

14.11.19: 7:45Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	wird weiß	k.V.	wird kleiner	wird kleiner
Fleisch	Zerfall, schwimmt teilweise unten,	schwimmt oben, Zerfall, verblasst	schwimmt oben, Zerfall, verblasst	schwimmt oben, Zerfall, verblasst
Tofu	weiße Schicht, Fettablagerungen	weiße Schicht, Fettablagerungen	weiße Schicht, Fettablagerungen	weiße Schicht, Fettablagerungen
Fisch	wird weiß	wird weiß	wird weiß	schwimmt oben, Silberrücken am Boden
Brot	wird blasser	quillt auf	quillt auf	wird kleiner
Kaugummi	schwimmt auf Boden	wird Blasser	wird blasser	Luftblasen, wird weiß
Gummibärchen	extreme Vergrößerung, starker Gelatineaustritt	Film im Wasser, zersetzt sich, wird kleiner	Gummibärchen ist nicht mehr vorhanden, Farbstoff am Boden	groß, Farbstoffverlust, Ölfilm

14.11.19: 9:45Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	k.V.	k.V.	k.V.	k.V.
Fleisch	k.V.	kleine Krümel am Boden	wird Blasser	Cola am Boden
Tofu	krümelig	k.V.	k.V.	Farbe ist oben
Fisch	pelzige Schicht am Boden	k.V.	k.V.	Farbstoff am Boden
Brot	k.V.	wird blass	k.V.	Farbstoff ist brauner
Kaugummi	k.V.	k.V.	wird blasser	Blasen am Boden
Gummibärchen	k.V.	großer Ölfilm	Form hat sich aufgelöst, Farbstoff am Boden	Farbstoff am Boden

15.11.19: 7:50Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	k.V.	k.V.	schwimmt teilweise oben	k.V.
Fleisch	schwimmt teilweise oben	schwimmt teilweise oben	schwimmt teilweise oben	k.V.
Tofu	k.V.	k.V.	k.V.	k.V.
Fisch	pelzige Schicht	k.V.	k.V.	schwimmt teilweise oben
Brot	k.V.	k.V.	k.V.	wird dunkel
Kaugummi	k.V.	k.V.	k.V.	kleine Bläschen
Gummibärchen	Vergrößerung	Schicht am Boden	Schicht am Boden	k.V.

18.11.19: 7:45Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	Stücke im Wasser,	Fettfilm	extrem weiß, teilweise oben	Pulver in Cola
Fleisch	bröselig, Stücke	blass	Fasern lösen sich	Cola ist klar, Pulver am Boden unverändert
Tofu	Fettschicht breitet sich aus	Fettschicht breitet sich aus	Fettschicht breitet sich aus	Pulver, Schimmelschicht
Fisch	Pulver	„Tau“ am Rand	k.V.	Verfärbung, braun, zerstückelt
Brot	Wasser ist undurchsichtig	k.V.	k.V.	k.V.
Kaugummi	Film	k.V.	k.V.	k.V.
Gummibärchen	Wachstum zersetzt	k.V.	k.V.	k.V.

19.11.19: 7:50Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	Öl auf Wasseroberfläche	Bläschen oben auf Käse	schwimmt oben	k.V.
Fleisch	Fett Oberfläche auf	Fett Oberfläche auf	k.V.	k.V.
Tofu	k.V.	k.V.	k.V.	k.V.
Fisch	k.V.	k.V.	k.V.	k.V.

Brot	k.V.	k.V.	k.V.	Schimmel
Kaugummi	Schimmel	k.V.	k.V.	k.V.
Gummibärchen	Vergrößerung	k.V.	k.V.	k.V.

20.11.19: 7:45Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	k.V.	k.V.	schwimmt oben	wird dunkler
Fleisch	Wasser ist undurchsichtig	k.V.	k.V.	Fett am Rand des Glases
Tofu	k.V.	k.V.	k.V.	Irgendwas im Wasser
Fisch	k.V.	Bläschen am Rand des Glases	Bläschen	viele Bläschen
Brot	zerkrümelt	k.V.	k.V.	Schimmel, Brot ist schwarz
Kaugummi	Schimmel	Bläschen am Kaugummi	Bläschen	viele Bläschen
Gummibärchen	k.V.	k.V.	k.V.	gewachsen

27.11.19: 10:30Uhr

	Dest. Wasser	Salzsäure 0,7 %	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	dicke gelbe Schicht auf Wasser	an Rändern Zersetzung	an Rändern zersetzt	Schimmel
Fleisch	Wasser ist undurchsichtig	k.V.	k.V.	aufgequollen
Tofu	Schimmel	k.V.	k.V.	Schimmel
Fisch	fluoristizierende Bakterien	Fettpfützen auf Wasseroberfläche	Zersetzung	Schimmel
Brot	k.V.	k.V.	k.V.	Schimmel
Kaugummi	Wasser ist undurchsichtig	k.V.	k.V.	Schimmel
Gummibärchen	schrumpfen	k.V.	k.V.	Schimmel

Legende: k.V. = Keine Veränderung/en

Der Käse hat sich in allen Lösungen weiß verfärbt und hat sich an den Rändern leicht zersetzt.

In der Cola beim Fleisch hat sich der Farbstoff am Boden abgesetzt. Ansonsten hat sich beim Fleisch Schimmel gebildet und es ist zerfallen.

Beim Tofu hat sich am Boden eine braune Fettschicht gebildet und auf dem Tofu hat sich eine weiße, pelzige Schicht gebildet

Beim Fisch haben sich fluoreszierende Bakterien gebildet und er ist zerfallen.

Das Brot hat sich aufgesogen wie ein Schwamm.

Das Kaugummi ist blass und hart geworden in allen Flüssigkeiten.

Zusammenfassende Tabelle

	Dest. Wasser	Salzsäure	Salzsäure 0,7% Pepsin	Cola
Käse	Sehr blass und auf Boden, dicke gelbe Schicht auf Wasser,	Sehr blass und auf Boden, Fettfilm, Bläschen auf Unterseite	Sehr blass und auf Boden, kleiner, zerbröckelt	Sehr blass und auf Boden, klein, Pulver auf Boden
Fleisch	Beginnende Zersetzung, sinkt auf Boden, weiß	Beginnende Zersetzung sinkt auf Boden, blasser, schrumpft	Beginnende Zersetzung sinkt auf Boden, schrumpft	Beginnende Zersetzung sinkt auf Boden, aufgequollen
Tofu	Verfärbung des Wasser durch Fettschichtbildung , krümelig	Verfärbung des Wasser durch Fettschichtbildung	Verfärbung des Wasser durch Fettschichtbildung	Farbe ist oben, Fettschicht, Pulver auf Boden
Fisch	Beginnende Zersetzung am Boden, Pulver, blasser	Bildung von fluoreszierenden Bakterien Zersetzung am Boden	Starke Zersetzung am Boden	Zersetzung am Boden, braun, Zerfall
Brot	Quillt auf, Farbverlust, Wasser ist undurchsichtig	Quillt auf, Farbverlust,	Quillt auf, Farbverlust	Quillt auf, Farbverlust, starker Zerfall, schäumt, dunkel
Kaugummi	Blasser auf Boden, hart	Blasser auf Boden	Blasser, schwimmt oben	Blasser, schwimmt oben
Gummibärchen	Zersetzung, Formverlust, auf Boden, Gelantineaustritt	Zersetzung, Formverlust, auf Boden, Ölfilm	nicht mehr vorhanden, Farbstoff auf Boden	Farbstoff auf Boden, Gelantineschicht auf Wasseroberfläche

Ergebnisdiskussion

Unsere Experimente ergaben viel Gutes, aber auch etwas Schlechtes. Der Schimmel war ein Problem. Er entstand in der Flüssigkeit, auf der Flüssigkeit oder auf dem Nahrungsmittel in der Flüssigkeit. Es gab verschiedene Arten von Schimmel. Zum Beispiel: auf dem Käse mit dem destillierten Wasser war eine ca. 0,5 cm dicke, gelbe Schicht. Es gab noch viele andere Schimmelsorten. Zum Glück mussten wir während unseres Experimentes auf Nichts verzichten. Unsere Ergebnisse passen zu denen, die wir recherchiert haben. Neue Ideen, wie wir das

Experiment weiterentwickeln können, sind uns leider nicht gekommen, doch sind wir der festen Überzeugung, dass wir es tun und es weiterentwickeln konnten.

Viele der Lebensmittel zersetzten sich im künstlichen Magensaft, selbst der robuste Käse zersetzte sich an den Rändern. Im künstlichen Magensaft haben sich die Lebensmittel zersetzt, sind blasser geworden. Eine Ausnahme war das Kaugummi. Es hat die Form verloren

Fehlerbetrachtung

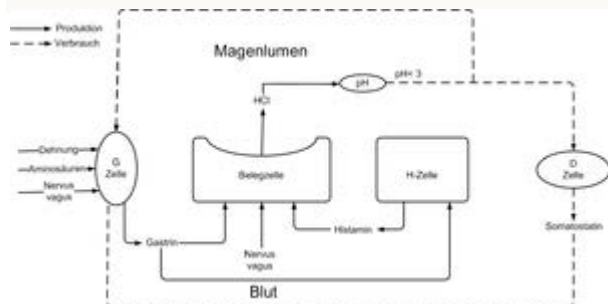
Eine mögliche Fehlerbetrachtung wäre der Schimmel, da dieser viele unserer Ergebnisse verändert hat. Gerade zum Ende hin, in den letzten Messtagen ist es oft vorgekommen, dass sich Schimmel gebildet hat, in der Flüssigkeit, auf der Flüssigkeit oder auf dem Lebensmittel in der Flüssigkeit. Dennoch gab es auch Erfolge, zum Beispiel die fluoreszierenden Bakterien in dem Fisch mit dem destillierten Wasser.

Zusammenfassung

Unser Projektziel befasste sich mit der Frage, wie sich verschiedene Lebensmittel in verschiedenen Flüssigkeiten verhielten. Eine Antwort auf diese Frage kann man nicht genau finden. Man kann sie in den Protokollen und Tabellen finden. Trotzdem haben wir unser Forschungsziel erreicht.

Personen: Christina Walther, Schülerforschungszentrum Jena

Chemische Theorie und Formeln



Schematische Darstellung der Regulation der Magensäure.

Magensaft ist ein mehr oder weniger schleimartiges Fluid, eine durchsichtige aber auch deutlich gelb-grünliche Lösung, welche einen markanten aber schwachen Eigengeruch besitzt. Der Magensaft enthält die Magensäure (nüchtern etwa 0,5-prozentige Salzsäure), Schleim, das eiweißspaltende Enzym Pepsin und den intrinsischen Faktor (Mucoprotein, welches für die Resorption von Vitamin B₁₂ im Darm nötig ist). Magensäure weist einen pH-Wert von etwa 1–1,5 bei nüchternem Magen auf und einen von 2–4, wenn er voll ist. Sie dient dem Aufschluss der Nahrung (hydrolytische Spaltung von Proteinen in Polypeptide) und hat eine bakterizide Wirkung.

Die Magensäure setzt sich extrazellulär aus Protonen und vom Magenepithel sezernierten Chloridionen zusammen. Die Chloridionen werden in den Belegzellen der Magenschleimhaut produziert, die dort in Kanälen und Kanälchen eingesenkt liegen. Reize zur vermehrten Sekretion von Chloridionen sind unter anderem die Stimulation des Parasympathikus (kann auch optisch durch den sogenannten Pawlowschen Reflex ausgelöst werden), Histamin- und Gastrinfreisetzung.

Die Epithelzellen der Magenschleimhaut verhindern, dass der Magensaft Zellmembranen und damit den Magen selbst zersetzt und verdaut.

Man unterscheidet bei der Magensekretion generell zwischen drei verschiedenen Phasen:

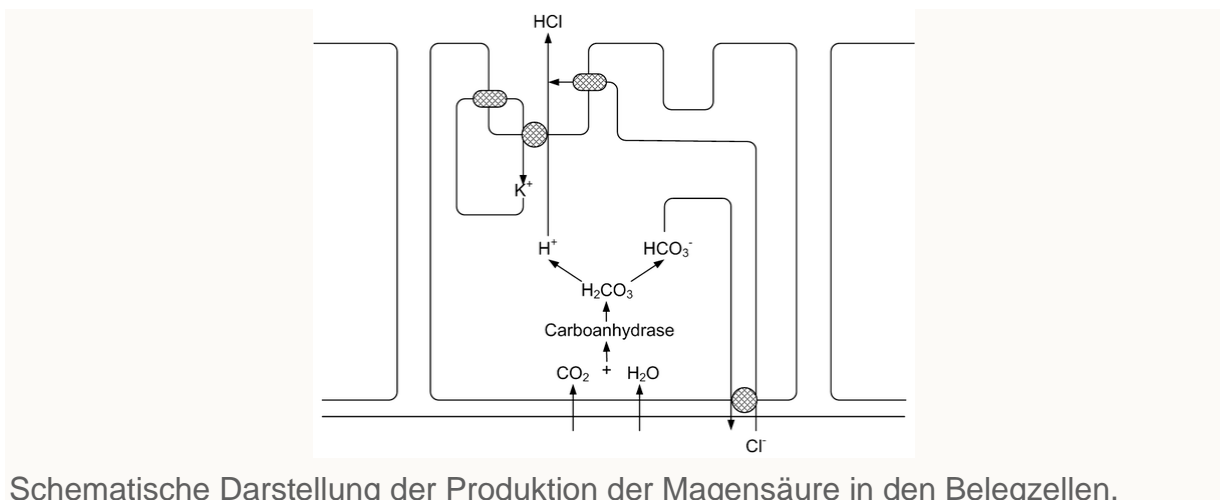
- *Cephal Phase* („Kopfphase“): Durch Stimulierung des Nervus vagus (denken, sehen und riechen von Nahrung)

- *Gastrische Phase* („Magenphase“): Durch Dehnung des Magens und chemische Reizung durch Eiweiße, Gewürze etc.
- *Intestinale Phase* („Darmphase“): Durch hormonelle Blockierung der Bildung von Magensäure (wenn der Speisebrei das Duodenum erreicht hat)

Fließt die Magensäure in die Speiseröhre (Reflux), macht sich dies durch Sodbrennen bemerkbar. Ein häufiger Reflux führt zu einer Metaplasie des Epithels der Speiseröhre, was die Entstehung von Speiseröhrenkrebs fördern kann.

Der reine Magensaft kann als Reflux z.B. bei Menschen mit PEJ-Sonde (perkutane endoskopische Jejunostomie) beobachtet werden.

Sekretion



Schematische Darstellung der Produktion der Magensäure in den Belegzellen.

Die Salzsäure als Magensäure setzt sich zum Schutz des Magenepithels erst extrazellulär zusammen. Die Belegzellen sezernieren dabei nur Chloridionen, was einen komplexen und energieintensiven Vorgang voraussetzt. In einem mehrstufigen Prozess werden dabei zum einen Oxonium-Ionen erzeugt und eingebracht und in einem zweiten Prozess Chloridionen aus dem Blutplasma eingetauscht. Im Einzelnen sind die Schritte:

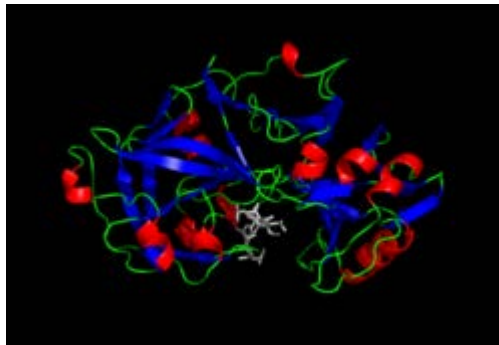
- Durch Carboanhydrase katalysierte Bildung von H⁺-Ionen in den Zellen. Die Belegzellen der Magenschleimhaut stellen aus Wasser (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂) Protonen (H⁺) und

Hydrogencarbonat (HCO₃⁻) her.



- Austausch von H^+ gegen K^+ mittels einer Protonen-Kalium-Pumpe.
- Austausch des gebildeten HCO_3^- durch Cl^- aus dem Blutplasma.
- Rezirkulation von K^+ und gleichzeitige Abgabe von Cl^- in den Magen mittels passiver Transportmechanismen.

Pepsin (von griechisch πέψις *pepsis*, „Verdauung“) ist ein [Verdauungsenzym](#), eine so genannte [Peptidase](#), die in den Hauptzellen des Magenfundus von Wirbeltieren und somit auch dem Menschen gebildet wird. Sie ist für den Abbau von mit der Nahrung aufgenommenen [Proteinen](#) zuständig. Als Inhaltsstoff in Nahrungsmitteln soll es die Verdauung fördern.



Pepsin gehemmt durch Pepstatin

Vorhandene Strukturdaten: [1flh](#), [1psn](#), [1pso](#), [1qrp](#)

Eigenschaften des menschlichen Proteins

Masse/Länge Primärstruktur	326 bzw. 332 Aminosäuren
Präkursor	Pepsinogen, 373 AS

Bezeichner

Gen-Name	PGA3
Externe IDs	OMIM: 169710 UniProt: P00790 CAS-Nummer: 9001-75-6

Arzneistoffangaben

ATC-Code	A09AA03
--------------------------	-------------------------

Enzymklassifikation

EC, Kategorie	3.4.23.1 Endopeptidase
MEROPS	A1
Reaktionsart	Hydrolyse (Proteolyse)
Substrat	Proteine

Produkte	Peptide
Vorkommen	
Homologie-Familie	Aspartin Endopeptidase
Übergeordnetes Taxon	Eukaryoten

Eigenschaften

Pepsin ist eine saure [Endopeptidase](#) mit einer [Molekülmasse](#) von 36.000 [Dalton](#). Es ist ein [Phosphoprotein](#) mit einer Länge von 327 [Aminosäuren](#). Gebildet wird es unter Einwirkung der [Salzsäure](#) des Magens aus einer inaktiven Vorstufe, dem [Pepsinogen](#). Die Spaltung findet ohne Einwirkung eines anderen Enzyms statt ([Autoproteolyse](#)). Zwei Aspartate ([Asparaginsäure](#)) befinden sich als funktionelle Aminosäuren im aktiven Zentrum. Durch diese wird die Spaltung von Eiweißen in hochmolekulare, wasserlösliche [Peptone](#) [katalysiert](#). Pepsin spaltet bevorzugt am N-Terminus von Phenylalanin, das häufigste Muster ist P/-/-/FL + -/R/L/-, das Katalyseverhalten ist also [sequenzspezifisch](#).^[4]

Die höchste Aktivität hat Pepsin bei einem [pH-Wert](#) zwischen 1,5 und 3. Oberhalb von [pH](#) 6 wird das Enzym irreversibel inaktiviert. Temperaturen bis 60 °C können seine Funktion nicht beeinträchtigen, ebenso wenig höhere Konzentrationen von [Harnstoff](#) und [Guanidin](#). In [gefriergetrocknetem](#) Zustand kann Pepsin bei 4 °C einige Monate gelagert werden.

Verwendung

Pepsin eignet sich gut zur Untersuchung der Disulfidverbrückung in anderen Proteinen. Da die Spaltung bei niedrigen PH Werten durchgeführt wird, ist die Gefahr von Disulfidaustauschreaktionen gering. Die kommerziell verfügbare Pepsinform ist meistens Pepsin aus dem Magen des Schweins.