

Das ist Chemie! Ergebnisse

Jakob Renken — KGS Schneverdingen

März 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Versuche	1
1.1	Versuch 1: Bananen-Tattoo	2
1.2	Versuch 2: Einfluss verschiedener Substanzen auf die Braunfärbung	3
1.3	Versuch 3: Einfluss der Temperatur auf die Braunfärbung	5
2	Aufgaben	7
2.1	Warum wird die Banane braun?	7
2.2	Haushaltsmethoden, um Braunwerden zu verhindern	7
2.3	Was sind Enzyme?	7
2.4	Biologischer Nutzen von Braunfärbung	8

Abbildungsverzeichnis

1.1	Skizze Versuchsaufbau	2
1.2	Visueller Vergleich von Bananenstücken	6
1.3	Kontroll Bananenstück	6
2.1	PPO Mechanismus	7

Tabellenverzeichnis

1.1	Verfärbung mit und ohne Klebestreifen	3
1.2	Beobachtungen beim Auftragen verschiedener Substanzen	4
1.3	Beobachtungen von Bananenstücken bei unterschiedlichen Temperaturen	5

1 Versuche

1.1 Versuch 1: Bananen-Tattoo

1.1.1 Material

1/3 Banane, Büroklammer, Klebestreifen

1.1.2 Aufbau

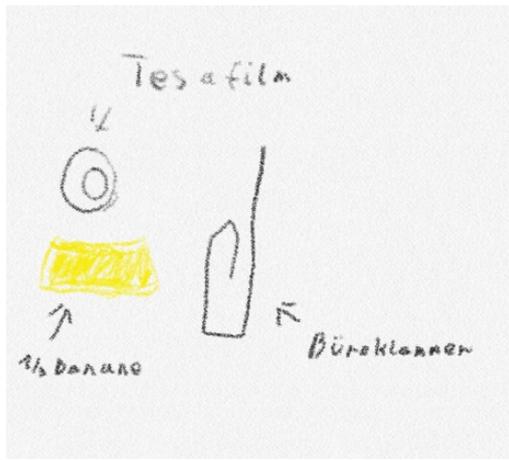


Abbildung 1.1: Skizze Versuchsaufbau

1.1.3 Durchführung

Ohne Klebestreifen

Die Bananenschale wurde mit einer offenen Büroklammer in einem Smiley-Muster durchstochen. Bilder wurden in einem 30-Sekunden-Takt erstellt.

Mit Klebestreifen

Wie in 1.1 wurde die Bananenschale durchstochen. Aufgrund der Größe des Films wurde kein Muster benutzt. Anschließend wurde der Klebestreifen aufgetragen. Aufgrund des schlechtem Luftabschlusses wurde dieser versuch zweimal ausgeführt. Bilder wurden wieder im 30-Sekunden-Takt erstellt.

1.1.4 Beobachtungen

In allen Versuchen wurde eine Verfärbung bemerkt. In den Versuchen mit Klebestreifen benötigte diese jedoch länger.

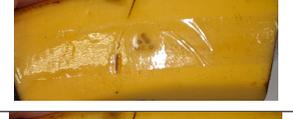
Versuch	<i>ohne Klebestreifen</i>	<i>mit Klebestreifen (1)</i>	<i>mit Klebestreifen (2)</i>
Zeit	90s	>90s	>120s
0s			
30s			
60s			
90s			
120s			

Tabelle 1.1: Vergleich der Verfärbung mit und ohne Klebestreifen

1.1.5 Deutung

Es ist zu erkennen, dass die Luftzufuhr eine wichtige Rolle beim Bräunen von Bananen spielt. Hierbei findet also eine Reaktion mit einem Stoff in der Luft statt, da das Entfernen dieses zu einer Verlangsamung der Reaktion führt. Auf die Gründe wird in 2.1 genauer eingegangen.

1.2 Versuch 2: Einfluss verschiedener Substanzen auf die Braunfärbung

1.2.1 Material

Eine Banane, Büroklammer, Stift, Pipette, vorgeschriebene Substanzen

1.2.2 Aufbau

Der Aufbau ähnelt dessen von 1.1 und benötigt keine Skizze.

1.2.3 Durchführung

Dieser Abschnitt bezieht sich auf alle Unterversuche. Einzelne Teile der Banane wurden für eine Substanz markiert. Diese wurden wie in 1.1 mit einer Büroklammer durchstochen und anschließend mit der jeweiligen Lösung bestrichen, hierfür wurde bei flüssigen Substanzen eine Pipette benutzt.

1.2.4 Beobachtungen

Die Beobachtungen werden in einer Tabelle verglichen. Ein normaler Verlauf gleicht dem ohne Klebestreifen in 1.1.

<i>Substanz</i>	<i>Beobachtungen</i>	<i>Beobachtungen über längeren Zeitraum</i>
Wasser	langsame Verfärbung	Verfärbung wie normal
Natronlösung	langsame Verfärbung	Verfärbung wie normal
Salzlösung	langsame Verfärbung	Verfärbung wie normal
Zuckerlösung	langsame Verfärbung	Verfärbung wie normal eine glänzende Schicht bleibt
Essig	langsamere Verfärbung	Verfärbung verlangsamt
Zitronensaft	keine Verfärbung	Verfärbung sehr verlangsamt
Tintenkiller	bestrichene Stellen verfärben sich orange. Aufgrund der Verfärbung kann keine Aussage über die Braunverfärbung getroffen werden.	k. A.

Tabelle 1.2: Beobachtungen beim Bestreichen mit verschiedenen Substanzen

1.2.5 Deutung

Die unterschiedlichen Substanzen haben einen Einfluss auf die Verfärbung. Einzelne Beobachtungen werden im Folgenden gedeutet. Substanzen, welche nur eine langsame Verfärbung aufweisen (Wasser, Natronlösung, Salzlösung, Zuckerlösung), sind durch die reduzierte Luftzufuhr zu erklären, wie in 1.1 festgestellt wurde, hat diese einen Einfluss auf die Geschwindigkeit. Essig weist im Gegensatz eine langsamere Verfärbung während der Auftragung als auch nach Entfernung auf. Dies kann auf den pH-Wert von Essig zurückgeführt werden. So hat z.B. 10% Gärungsessig einen pH-Wert von 2,0 bis 2,8 [9]. Der optimale pH-Wert von PPO variiert hingegen zwischen 4,0 für *Lilium brownii* var. *viridulum* und 7,0 *Terfezia arenaria*, wenn Brenzcatechin als Substrat dient [13]. Ist der pH-Wert zu weit vom Optimum entfernt, wird die Reaktionsgeschwindigkeit reduziert. Bei Zitronensaft sind zwei Effekte zu finden: der Erste ist wieder der niedrige pH-Wert von 2,3 [5][Appendix 3. S. 263]. Der zweite Effekt ist der hohe Gehalt von Ascorbinsäure. Diese agiert als Antioxidant [2] und hemmt damit PPO indem sie kompetitiv Sauerstoff bindet. Die orangene Verfärbung durch den Tintenkiller ist am wahrscheinlichsten auf die enthaltenen Bleichsubstanzen Natriumsulfit Na_2SO_3 oder Natriumdithionit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ [3] zurückzuführen.

1.2.6 Probleme

Die Substanzen wurden teilweise nicht lang genug beobachtet, dies führt zu Unsicherheit bei Aussagen über längere Zeiträume. Eine Messung des pH-Wertes wurde für relevante Substanzen nicht durchgeführt. Dies limitiert die Aussagekraft der pH-basierten Deutungen.

1.3 Versuch 3: Einfluss der Temperatur auf die Braunfärbung

1.3.1 Material

Becherglas, Heizplatte, Tiegelzange, Temperatursensor, Banane

1.3.2 Aufbau

Das Wasser wird im Bereich von 30°C bis 90°C in 20°C-Intervallen erhitzt. Ein etwa 1 cm großes Bananenstück wird im Wasser für 2 min gelassen und dann mit einer Tiegelzange entfernt. Die Änderungen am Bananenstück werden nun notiert. Falls erforderlich, kann das Wasser auch auf Temperaturen erwärmt werden, die für die Deutung relevant sind.

1.3.3 Durchführung

Das Wasser wurde von 30°C bis 90°C in 20°C-Intervallen erhitzt und Bananenstücke für 2 min beigegeben. Da sich der Temperaturbereich von 50°C bis 70°C als auffällig erwies, wurde das Wasser außerdem auf 60°C erhitzt. Um die Aufgabenstellung zu erledigen, wurde auch Wasser zum Sieden gebracht.

1.3.4 Beobachtungen

<i>Temperatur (°C)</i>	<i>Beobachtungen nach Entnahme</i>	<i>Beobachtungen im Wasser</i>
30	leichte Bräunung an einigen Stellen	k. Veränderung
50	leichte Bräunung an einigen Stellen	k. Veränderung
60	mittlere Bräunung kleine Teile noch gelb	k. Veränderung
70	starke Bräunung fast schwarz	starke Bräunung bemerkbar ab 1:20 min
90	extreme Bräunung fast schwarz; weiches Fruchtfleisch	extreme Bräunung bemerkbar ab 30s

Tabelle 1.3: Beobachtungen von Bananenstücken bei unterschiedlichen Temperaturen



Abbildung 1.2: Bananenstücke nach 2 min im Wasser. Von links nach rechts 30°C, 50°C, 70°C, 90°C



Abbildung 1.3: Beispiel eines trockenen Bananenstücks als Kontrolle

1.3.5 Deutung

Anhand Tabelle 1.3 können folgende Deutungen getroffen werden:

- Zwischen 60°C und 70°C ist eine starke Veränderung in der Bräunung zu bemerken.
- Die Geschwindigkeit der Verfärbung ist von der Temperatur abhängig.
- Die Festigkeit der Banane wird durch höhere Temperaturen verringert.

2 Aufgaben

2.1 Warum wird die Banane braun?

Grund für die Verfärbung ist das Enzym Polyphenoloxidase (PPO), es findet sich in der gesamten Frucht [6]. Die Verfärbung entsteht, indem PPO Phenole in Chinone oxidiert, aus denen Melanin entsteht (Siehe auch Abb. 2.1). Dieser Stoff ist für braune und schwarze Pigmentierung verantwortlich [13] [11]. Hierdurch lässt sich auch die verlangsamte Verfärbung in Versuch 1.1 erklären: Durch den fehlenden Luftsauerstoff war es für PPO nur in geringer Menge möglich, die Phenole zu oxidieren; somit war die Entstehung von Melanin erschwert.

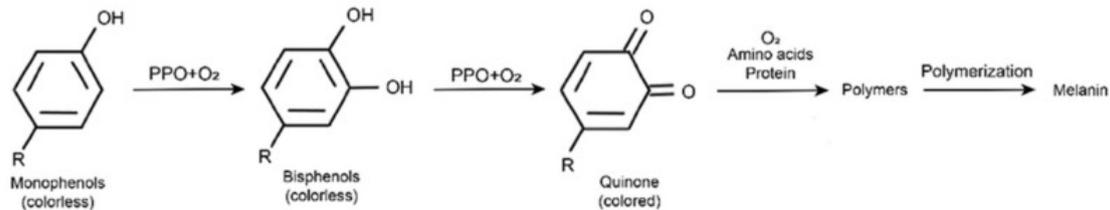


Abbildung 2.1: "Produktion von Melanin durch PPO; CC BY [13][Abbildung 1]"

2.2 Haushaltsmethoden, um Braunwerden zu verhindern

Es gibt verschiedene Methoden, um Braunfärbung zu verhindern. Die am häufigsten genannte Methode ist Zitronensaft. Hierbei wird das frisch geschnittene Obst oder Gemüse mit Zitronensaft beträufelt. Es ist auf die geschmackliche Veränderung durch den Zitronensaft hinzuweisen, somit eignet sich diese Methode nicht immer. Ebenso eignet sich Ascorbinsäure verdünnt mit Wasser. Hierbei wird das Obst und Gemüse in die Lösung eingetaucht. Eine weitere Methode ist, Obst und Gemüse in leichtes Salzwasser zu legen: durch die hohe Verdünnung schmeckt das Obst und Gemüse nicht salzig. [10]

2.3 Was sind Enzyme?

Enzyme sind Katalysatoren. Katalysatoren erlauben es einer Reaktion schneller zu verlaufen, indem sie die benötigte Aktivierungsenergie reduzieren. Während der Reaktion werden sie jedoch nicht verbraucht. Die Stoffe auf denen ein Enzym agiert, werden als Substrat bezeichnet. Im Gegensatz zu anderen Katalysatoren sind Enzyme biologischer Natur und zeigen eine sehr hohe Substratspezifität auf. Enzyme sind meist Proteine, also Ketten von Aminosäuren, sie falten sich aufgrund von nicht-kovalenten Bindungen. Die Substrate werden in Enzymen an die aktiven Zentren gebunden. In diesen findet die Reaktion statt. Der Großteil der Aminosäuren in Enzymen ist dafür da, um ein "Gerüst" für die aktiven Zentren zu bauen, damit die Substrate korrekt binden. [1]

2.4 Biologischer Nutzen von Braunfärbung

Das Endprodukt von enzymatischer Bräunung in Bananen ist Melanin (2.1). Melanine finden sich in großen Mengen von Organismen, mit einer weiten Spanne an Nutzen. In Mikroben bietet Melanin verstärkten Widerstand gegen Umweltfaktoren und Antimikrobien [8]. In einem Minireview von ElObeid u. a. werden verschiedene pharmakologische und gesundheitliche Effekte von Melanin präsentiert, darunter UV-Schutz, antioxidative Eigenschaften sowie antikarzinogene Eigenschaften [4]. Melanin ist unter anderem bekannt dafür, viele unterschiedliche Chemikalien zu binden und zu sammeln, z.B. Medikamente, Herbizide und Metalle. Diese hohe Reaktionsaffinität und die Existenz von Melanin in hochsensiblen Geweben führte B. S. Larsson dazu, die Theorie zu formulieren, dass Melanin die Funktion eines schützenden chemischen Filters hat [7]. Diese Theorie auf die enzymatische Bräunung der Banane angewandt, führt zu folgendem Nutzen: Im Falle eines Befalles und Schädigung der Schale produziert die Banane Melanin um sich vor potentiell toxischen Substanzen zu schützen.

2.4.1 Alternative Erklärung

Alternativ könnte auch ein potentieller antimikrobieller Effekt dem Melanin von Bananen zugeschrieben werden, da ein solcher Effekt von Zerrad A. u. a. bei einem *Pseudomonas balearica*-Stamm festgestellt wurde. Über antimikrobielles Melanin wurde jedoch noch bei keinem anderen Organismus berichtet. Da das untersuchte Melanin zudem wasserlöslich war, ist es unwahrscheinlich, dass der gleiche Effekt bei Bananen auftritt [12].

Literatur

- [1] Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko und Lubert Stryer. *Biochemistry*. 5. Aufl. 2002.
- [2] *CHEBI:29073 - L-ascorbic acid*. URL: <https://www.ebi.ac.uk/chebi/searchId.do?chebiId=CHEBI:29073> (besucht am 12.03.2025).
- [3] *Chemie des Tintenkillers*. URL: https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/09_03.htm (besucht am 12.03.2025).
- [4] Adila Salih ElObeid u. a. „Pharmacological properties of melanin and its function in health“. In: *Basic & clinical pharmacology & toxicology* 120.6 (2017), S. 515–522. DOI: 10.1111/bcpt.12748.
- [5] Food, Drug Administration u. a. „Bad bug book: handbook of foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins“. In: *Center for Food Safety and Applied Nutrition* (2012). URL: <https://www.fda.gov/files/food/published/Bad-Bug-Book-2nd-Edition-%28PDF%29.pdf>.
- [6] Paul S Gooding, Colin Bird und Simon P Robinson. „Molecular cloning and characterisation of banana fruit polyphenol oxidase“. In: *Planta* 213 (2001), S. 748–757. DOI: 10.1007/s004250100553.

- [7] Bengt S Larsson. „Interaction between chemicals and melanin“. In: *Pigment Cell Research* 6.3 (1993), S. 127–133. DOI: 10.1111/j.1600-0749.1993.tb00591.x.
- [8] Joshua D Nosanchuk und Arturo Casadevall. „Impact of melanin on microbial virulence and clinical resistance to antimicrobial compounds“. In: *Antimicrobial agents and chemotherapy* 50.11 (2006), S. 3519–3528. DOI: 10.1128/AAC.00545-06.
- [9] G. D. Philipp. „Essig“. In: *Taschenbuch für Lebensmittelchemiker und -technologien: Band 2*. Hrsg. von Dieter Osteroth. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1991, S. 443–449. ISBN: 978-3-642-58220-2. DOI: 10.1007/978-3-642-58220-2_33.
- [10] Redaktion. *Frisch geschnittenes Obst wird nicht braun*. 2008. URL: <https://www.meinhaushalt.at/1452-frischgeschnittenes-obst-wird-nicht-braun-rezepte/kuechentipps/> (besucht am 11.02.2025).
- [11] Daniel I Schlessinger, McDamian Anoruo und Joel Schlessinger. „Biochemistry, melanin“. In: *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing, 2023. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459156/>.
- [12] A Zerrad u. a. „Antioxidant and antimicrobial activities of melanin produced by a Pseudomonas balearica strain“. In: *J Biotechnol Lett* 5.1 (2014), S. 87–94.
- [13] Song Zhang. „Recent advances of polyphenol oxidases in plants“. In: *Molecules* 28.5 (2023), S. 2158. DOI: 10.3390/molecules28052158.