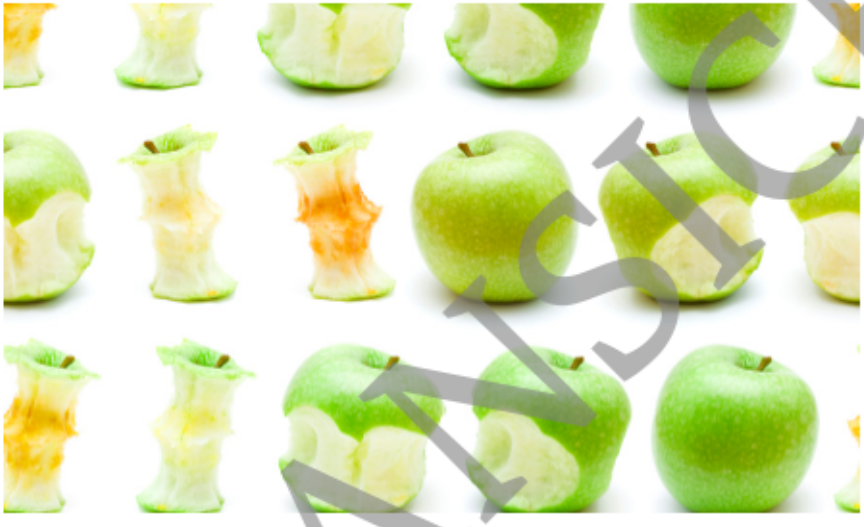
Enzymatische Bräunung erforschen – Wie Vitamin C Obst und Gemüse vor dem Braunwerden schützt

RAABE Redaktion



© tamara_kulikova/iStock/Getty Images Plus

Warum werden angeschnittene Äpfel oder Kartoffeln braun – und wie lässt sich dieser Vorgang verlangsamen? Ausgehend von einem vertrauten Alltagsphänomen erarbeiten sich die Lernenden die biochemischen Grundlagen der enzymatischen Bräunung. Sie untersuchen die antioxidative Wirkung von Vitamin C, lernen die Funktion der Polyphenoloxidase kennen und übertragen ihre Erkenntnisse auf die Verarbeitung und Konservierung von Lebensmitteln. Anschauliche, einfach durchführbare Versuche laden dazu ein, Hypothesen aufzustellen, Beobachtungen fachlich zu erklären und Versuchsergebnisse kritisch auszuwerten. Dabei beschäftigen sich die Lernenden unter anderem mit dem Einfluss von Zitronensaft und Hitze auf die Bräunung von Obst und Gemüse. Ein englischsprachiger Informationstext sowie Daten zum Vitamin-C-Gehalt verschiedener Apfelsorten erweitern die Einheit um fachsprachliche und materialgestützte Aufgaben. Die Unterrichtseinheit verbindet Enzymatik, Stoffwechsel und Zellbiologie mit lebensnahen Fragen. Zugleich trainiert sie zentrale Kompetenzen des wissenschaftspropädeutischen Arbeitens und abiturrelevante Operatoren wie erklären, überprüfen, interpretieren und beurteilen.

VORANSICHT

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	11, 12, 13
Dauer:	1–2 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Sachkompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Kommunikationskompetenz; 4. Reflexionskompetenz
Methoden:	Experiment
Inhalt:	Antioxidantien, Ascorbinsäure, Radikale, Superoxidion, Polyphenole, Polyphenoloxidase, enzymatische Bräunung

Fachliche Hinweise

Die Unterrichtseinheit verbindet Enzymatik, Redoxbiologie und Stoffwechsel anhand der enzymatischen Bräunung von Obst und Gemüse. Neben dem eigentlichen Bräunungsvorgang werden die antioxidative Wirkung von Vitamin C, die Struktur und Funktion der Polyphenoloxidase, der Einfluss von Sauerstoff und Temperatur sowie die Aussagekraft biologischer Versuche thematisiert. Die Materialien greifen diese Inhalte in drei aufeinander aufbauenden Teilen auf.

Vitamin C als Antioxidans und Kofaktor

Vitamin C und Ascorbinsäure sind wasserlösliche Reduktionsmittel. Es kann Elektronen abgeben und dadurch oxidierende Teilchen und reaktive Sauerstoffverbindungen reduzieren. Dabei wird Ascorbinsäure zunächst zum Semidehydroascorbat und anschließend zur Dehydroascorbinsäure oxidiert. Die entstehenden Zwischenprodukte sind im Vergleich zu vielen anderen Radikalen relativ stabil und können durch zelluläre Systeme regeneriert oder weiter umgesetzt werden.

Vitamin C wirkt darüber hinaus als Kofaktor und Elektronendonator bei verschiedenen enzymatischen Reaktionen, unter anderem bei Hydroxylierungen. Für die Sekundarstufe II genügt die Einordnung als organischer, nicht dauerhaft an das Enzym gebundener Kofaktor. Eine eindeutige Bezeichnung als Kosubstrat ist vom jeweils betrachteten Enzymmechanismus abhängig und sollte nicht pauschal auf sämtliche Vitamin-C-abhängigen Reaktionen übertragen werden. Vitamin C wird in der Fachliteratur sowohl als Kofaktor als auch – bei bestimmten Reaktionen – als Kosubstrat beschrieben.

Mechanismus der enzymatischen Bräunung

In unverletzten Pflanzenzellen sind Enzyme und ihre Substrate räumlich voneinander getrennt. Beim Anschneiden oder Zerreiben wird diese Kompartimentierung aufgehoben. Polyphenoloxidase, phenolische Verbindungen und molekularer Sauerstoff kommen miteinander in Kontakt. Die Polyphenoloxidase katalysiert daraufhin die Oxidation geeigneter

VORANSICHT

Auf einen Blick

1.–2. Stunde

M 1	Vitamin C als Antioxidans
M 2	Die enzymatische Bräunung
M 3	Natürlicher Vitamin-C-Gehalt von Apfelsorten

VORANSICHT

M 1 Vitamin C als Antioxidans

Aufgaben

1. **Erklären** Sie kurz, auf welcher Eigenschaft die antioxidative Wirkung von Ascorbinsäure beruht.
2. Vitamin C wirkt bei verschiedenen Enzymreaktionen als reduzierender Kofaktor. Es unterstützt beispielsweise Prolyl- und Lysylhydroxylasen, die an der Bildung und Stabilisierung von Kollagen beteiligt sind.
   a) **Erläutern** Sie, was man unter einem Kofaktor versteht, und unterscheiden Sie anorganische Kofaktoren von organischen Coenzymen. Ordnen Sie Vitamin C in diesem Zusammenhang ein.
   b) **Leiten** Sie aus dem Aufgabentext eine mögliche Folge eines ausgeprägten Vitamin-C-Mangels für das Bindegewebe und die Wundheilung **ab**.



Abb. 1: Obst- und Gemüsesorten mit hohem Vitamin-C-Gehalt
© Zander Erasmus/Moment/Getty Images

Vitamin C gehört zur chemisch sehr uneinheitlichen Gruppe der Antioxidantien. Neben Ascorbinsäure zählen dazu z. B. auch Vitamin E, Glutathion, das Enzym Katalase sowie Harnsäure und Melatonin. Beispiele aus dem pflanzlichen Sekundärstoffwechsel sind Polyphenole, Carotinoide und Anthocyane, die in vielen Früchten und Samen enthalten sind und zu deren Geschmacks-, Farb- und Geruchsbildung beitragen.

VORANSICHT