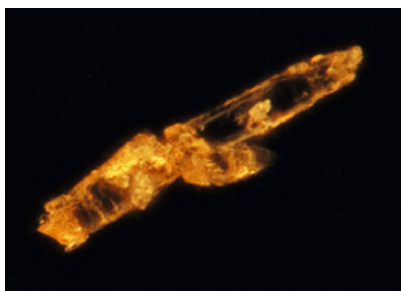
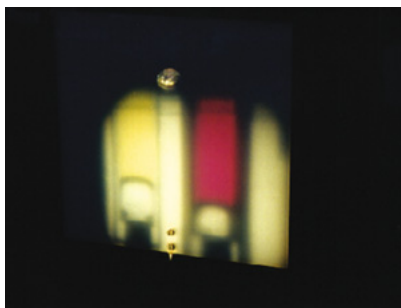




B1 β -Carotin oder Provitamin A ist in Gemüse, Obst, Eiern, Lachs und anderen Lebensmitteln enthalten. Als natürlicher oder naturidentischer Zusatzstoff E 160 wird es vielen Lebensmitteln zugesetzt. **A:** Suchen Sie im Supermarkt 10 Produkte mit E 160.



B2 Kristallines β -Carotin schmilzt bei 183 °C, löst sich sehr schlecht in Wasser, mäßig in Heptan, Diethylether und Aceton und gut in Benzol und Toluol. **A:** Erklären Sie mithilfe der Formel in B4 die unterschiedlichen Löslichkeiten.



B3 Versuchsbeobachtung bei V4. **A:** Erläutern Sie, inwiefern diese Beobachtung zeigt, dass β -Carotin als Radikalfänger wirkt.

β -Carotin – ein Multitalent

Versuche

V1 Extrahieren Sie a) β -Carotin aus frischen, geraspelten Möhren und b) Blattgrün aus zerkleinerten und gemörserten Blättern. Verwenden Sie als Lösemittel für a) ca. 20 mL n-Heptan* oder Toluol* und für b) ca. 20 mL Aceton*. Führen Sie mit den Extrakten V2 bis V3 durch.

V2 Führen Sie mit den beiden Extrakten aus V1 und mit einer Lösung von echtem β -Carotin in n-Heptan* oder Toluol* eine Trennung auf einer mit Kieselgel beschichteten DC-Folie durch. Teilen Sie die DC-Folie durch Einritzen in 3 Bahnen ein. Verwenden Sie als Laufmittel eine Mischung aus Petrolether* (Siedebereich: 40 °C bis 70 °C), Petroleumbenzin* (Siedebereich: 100 °C bis 140 °C) und 2-Propanol* im Volumenverhältnis 5:5:1. Vergleichen Sie die Farbflecke, fertigen Sie eine Farbkopie des Chromatogramms an und deuten Sie das Ergebnis.

V3 Untersuchen Sie die Lichtbeständigkeit von β -Carotin, indem Sie Filterpapier mit Lösung aus V1 tränken, halb mit Aluminiumfolie bedecken und durch verschiedene Farbfilter auf dem Overheadprojektor oder im Sonnenlicht belichten.

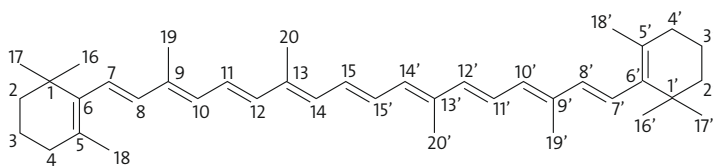
V4 Lösen Sie 2 bis 3 Kristalle Tetraiodethen* in ca. 6 mL Heptan* und verteilen Sie die Lösung auf zwei Küvetten oder Rggl. Fügen Sie in eine der beiden Proben 2 bis 3 Tropfen β -Carotin-Lösung hinzu. Bestrahlen Sie beide Proben gleichzeitig im Overheadprojektor oder im Sonnenlicht und beobachten Sie die Farben.

Auswertung

a) In den Chromatogrammen aus V2 läuft das gelbe β -Carotin fast mit der Laufmittelfront mit. Es folgen zwei grüne Flecken der Chlorophylle und dann mehrere gelbe und orange Flecken für Xanthophylle (Carotinoide mit Hydroxy-Gruppen, Carbonyl-Gruppen und anderen funktionellen Gruppen mit Sauerstoff-Atomen in den Molekülen). Erklären Sie die Reihenfolge anhand der Formeln der Moleküle und der Trennbedingungen.

b) Nur absorbiertes Licht kann chemisch genutzt werden, d. h. eine chemische Reaktion auslösen. Erklären Sie in diesem Sinne die Beobachtungen bei V3 hinsichtlich der unterschiedlichen Lichtfarben, die zu einem chemischen Abbau von β -Carotin führen.

c) Im Tetraiodethen-Molekül $\text{I}_2\text{C}=\text{CI}_2$ werden die Kohlenstoff-Iod-Bindungen durch sichtbares Licht homolytisch gespalten. Aus den gebildeten Iod-Atomen (Iod-Radikalen) entsteht elementares Iod, das in Heptan-Lösung violett erscheint. β -Carotin wirkt als Radikalfänger für Iod-Radikale. Formulieren Sie die beschriebenen Reaktionen.



B4 β -Carotin ist ein Oligomer des Isoprens (2-Methylbutadiens). **A:** Ermitteln Sie die Summenformel von β -Carotin. **A:** Geben Sie die Anzahl der Atome an, über die sich der Chromophor im β -Carotin-Molekül ausdehnt.

Carotinoide – Biochrome mit multiplen Funktionen

Farbige Verbindungen erfüllen in den Organismen bestimmte biologische Funktionen. Man bezeichnet sie daher auch als **Biochrome**. Unter den Biochromen nehmen die **Carotinoide** (B5), von denen die Pflanzen ca. 100 Mio t pro Jahr produzieren, den Spitzenplatz ein.

β -Carotin kann zum einen als **Photosensibilisator** für Chlorophylle bei der Photosynthese wirken¹. Wenn, wie bei Wasserpflanzen, nur wenig Licht von den Chlorophyllen absorbiert werden kann, erhöht β -Carotin den Nutzungsgrad des Lichts für die Photosynthese:



Zunächst wird ein β -Carotin-Molekül ${}^1\text{Car}$ durch Absorption eines Lichtquants in den angeregten Singlett-Zustand ${}^1\text{Car}^*$ gehoben (vgl. S. 169, B6). Es folgt ein **Energietransfer** von ${}^1\text{Car}^*$ auf ein Chlorophyll-Molekül ${}^1\text{Chl}$, wobei das β -Carotin-Molekül in den Grundzustand zurückkehrt und das Chlorophyll-Molekül zu ${}^1\text{Chl}^*$ angeregt wird. Dieses kann nun im Photosynthese-Prozess aktiv werden.

Bei einem Überschuss an Licht wirkt β -Carotin dagegen als **Photoprotektor**, d. h. als Lichtschutz für die Chlorophylle und andere Blattsubstanzen:



Wenn von den Chlorophyllen in den Blättern mehr Licht absorbiert wird als in den sich anschließenden biochemischen Dunkelreaktionen der Photosynthese umgesetzt werden kann, kommt es in den angeregten Chlorophyll-Molekülen ${}^1\text{Chl}^*$ durch Spinumkehr zu langlebigen angeregten Triplett-Zuständen ${}^3\text{Chl}^*$. Diese stellen eine Gefahr für das Blatt dar, da sie in Zusammenarbeit mit Sauerstoff zu schädigenden Weiterreaktionen führen. β -Carotin „löscht“ durch Energietransfer gemäß (5) angeregte Triplett-Zustände von Chlorophyll-Molekülen ${}^3\text{Chl}^*$, wobei es seinerseits in einen angeregten Triplett-Zustand ${}^3\text{Car}^*$ übergeht. Durch Schwingungsrelaxation kehrt ${}^3\text{Car}^*$ in den Grundzustand zurück. Der Lichtüberschuss wird in den Prozessen (3) bis (6) also schrittweise in Wärme umgewandelt, ohne das Blatt zu schädigen (vgl. auch S. 264).

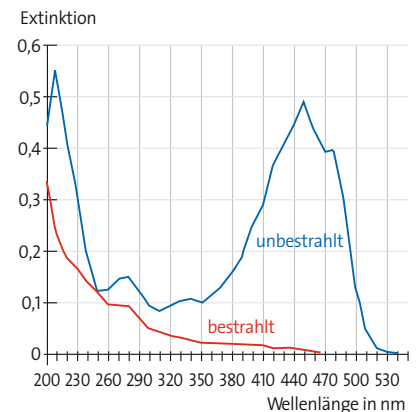
Sowohl in Pflanzen als auch in tierischen Organismen wirkt β -Carotin auch als **Radikalfänger** und verhindert somit die schädigende Wirkung von Radikalen. Schließlich ist die Funktion des β -Carotins als **Provitamin A** von essentieller Bedeutung. Bei Tieren und Menschen muss es mit der Nahrung zugeführt werden, um dann im Organismus **Vitamin A** (Retinol) bereitzustellen.

Aufgabe

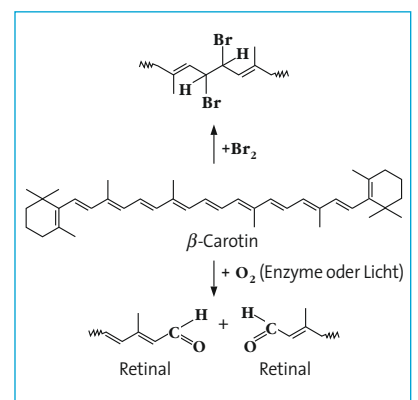
A1 Informieren Sie sich anhand käuflicher Produkte über die Funktionen von β -Carotin in Kosmetika und Medikamenten.



B5 Wenn die Chlorophylle in Blättern abgebaut werden, kommen die Carotinoide zum Vorschein. **A:** Nennen und formulieren Sie mithilfe von Chemie 2000+ Online vier Carotinoide.



B6 Absorptionsspektren von frischem β -Carotin (blau) und von UV-bestrahltem β -Carotin (rot) (vgl. auch B7)



B7 Reaktionen des β -Carotins. **A:** Begründen Sie, warum bei diesen Reaktionen die Farbe ausbleicht.

¹ In Biologiebüchern wird β -Carotin daher auch als Lichtantenne oder *akzessorisches Pigment* bezeichnet.