

H. Müller

## Die tägliche Aufnahme von Carotinoiden (Carotine und Xanthophylle) aus Gesamtnahrungsproben und die Carotinoidgehalte ausgewählter Gemüse- und Obstarten

**The daily intake of carotenoids (carotenes and xanthophylls) from total daily diets and carotenoid contents of selected vegetables and fruits**

**Zusammenfassung** Die wünschenswerte tägliche Zufuhrmenge an  $\beta$ -Carotin liegt gegenwärtig bei 2 mg (Richtwert nach DGE, Deutschland, neben empfohlener Zufuhr von 1,0 bzw. 0,8 mg Retinol-Äquivalenten für den Vitamin-A-Bedarf) bzw. bei 5–6 mg (nach Empfehlung des NCI, USA). Die vorliegende Studie zeigt, in welchem Maße eine gängige Ernährung mit ausgewogener Kostzusammensetzung bei haushaltsüblicher oder großküchen-technischer Speisenzubereitung dazu beiträgt, daß diese empfohlenen Zufuhrmengen auch erreicht werden können.

Die Bestimmung des  $\beta$ -Carotins und anderer individueller Carotinoide in den Gesamtnahrungsproben erfolgte mit Hilfe der RP-HPLC. Neben dem  $\beta$ -Carotin wurden in der Rangfolge nach abfallendem Gehalt

Lutein,  $\alpha$ -Carotin, Antheraxanthin, Lycopin, Zeaxanthin, Neoxanthin,  $\beta$ -Cryptoxanthin,  $\alpha$ -Cryptoxanthin und Violaxanthin quantifiziert. Bei einer Streubreite der  $\beta$ -Carotinzufuhr, die von 0,2–9,7 (bei den Carotinoiden von 0,7–16,5) mg/Tag reichte, betrug die mittlere Zufuhrmenge (Median) an  $\beta$ -Carotin 1,1 (an Carotinoiden 3,9) mg/Tag, wie die Untersuchung von 39 Gesamtnahrungsproben ergeben hat. Die empfohlenen Zufuhrmengen können nur durch reichlichen Verzehr (100–200 g/Tag) von Gemüse- und Obstarten mit hohem Carotinoidgehalt erzielt werden. Als Gemüsearten mit Carotinoidgehalten von > 10 mg/100 g wurden Grünkohl (34,8), roter Gemüsepaprika (30,4), Petersilie (25,7), Spinat (17,3), Feldsalat (16,0), Möhren (15,8) und Tomaten (12,7) ermittelt. Bei den Obstarten dominierten mit Gehalten von > 2 mg/100 g Papayas (3,8), Grapefruits (3,6), Nektarinen (2,9) und Aprikosen (2,6). Bei der Darstellung der Ergebnisse wurde unterschieden zwischen Provitamin-A- und Nicht-Provitamin-A-Carotinoidgehalten. Zusätzlich sind die  $\beta$ -Carotin- und die Luteingehalte angegeben.

**Summary** The recommended daily intake is currently either 2 mg of  $\beta$ -carotene (recommended by DGE, Germany, in addition to 1.0 (0.8) mg retinol-equivalents for

vitamin A requirement) or 5–6 mg of  $\beta$ -carotene (recommended by NCI, USA). The present studies were carried out to investigate to what extent a balanced diet prepared using household or cafeteria methods contributes to achieve the desired intake.  $\beta$ -carotene and other carotenoids in the total daily diet samples were determined by RP-HPLC. In addition to  $\beta$ -carotene, in decreasing quantity lutein,  $\alpha$ -carotene, antheraxanthin, lycopene, zeaxanthin, neoxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin,  $\alpha$ -cryptoxanthin and violaxanthin were estimated. The intake of  $\beta$ -carotene (carotenoids) ranged from 0.2 to 9.7 mg/d (0.7–16.5 mg/d) with mean values (median) of 1.1 mg/d for  $\beta$ -carotene and 3.9 mg/d for carotenoids based on results from investigations of 39 total daily diet samples. The recommended daily intake can only be achieved by consuming (100–200 g/d) of vegetables and fruits with a particularly high carotenoid content. Kale (34.8), red peppers (27.4), parsley (25.7), spinach (17.3), lamb's lettuce (16.0), carrots (15.8) and tomatoes (12.7) headed the list of vegetables with more than 10 mg/100 g. In the case of fruit, papayas (3.8), grapefruits (3.6), nectarines (2.9) and apricots (2.6) were pre-eminent with more than 2 mg/100 g. The results distinguish

Eingegangen: 14. Juli 1995  
Akzeptiert: 27. Oktober 1995

Dr. H. Müller (✉)  
Institut für Ernährungsphysiologie  
Bundesforschungsanstalt für Ernährung  
Engesserstraße 20  
76131 Karlsruhe

between provitamine A and non-provitamine A carotenoids. In addition the contents of  $\beta$ -carotene and lutein are shown.

**Schlüsselwörter** Tägliche Zufuhr an  $\beta$ -Carotin und anderen Carotinoiden – Gesamtnahrungsproben –

Carotinoide in Gemüse und Obst – HPLC-Bestimmung

**Key words** Daily intake of  $\beta$ -carotene and other carotenoids – total diet samples – carotenoids in vegetables and fruits – determination by HPLC

**Abkürzungen** DGE = Deutsche Gesellschaft für Ernährung  
NCI = National Cancer Institute  
RP-HPLC = Reversed-phase high-performance liquid chromatography (Umkehrphasen-Hochleistungsflüssigchromatographie)

## Einleitung

In der Vergangenheit wurde nur dem  $\beta$ -Carotin als Provitamin A Bedeutung bei der Carotinoidbestimmung und -bewertung im Lebensmittel beigemessen. Inzwischen sind auch alle anderen Carotinoide (Carotine und Xanthophylle) von Interesse, nachdem deren antioxidative Eigenschaften (Radikalfänger und Quencher von Singulett-Sauerstoff (16) durch die Vielzahl vorhandener konjugierter Doppelbindungen), die zunächst nur den antioxidativen Vitaminen C, E und Provitamin A sowie den Pflanzenpolyphenolen (incl. Flavonoiden) zugesprochen worden waren (Übersicht in (1)), erkannt wurden. Alle diese Verbindungen bzw. Naturstoffklassen werden heute im Zusammenhang mit einer Verminderung des Risikos, an Arteriosklerose oder an verschiedenen Krebsarten zu erkranken, diskutiert, wie aus epidemiologischen (Übersichten in 10, 11, 15) und experimentellen Studien (17) hervorgeht. Empfehlungen zur täglichen Zufuhrmenge an Carotinoiden beschränken sich nach wie vor auf das  $\beta$ -Carotin, obwohl die Nicht-Provitamin-A-Carotinoide in vergleichbaren Konzentrationen im Gemüse und Obst vorkommen. Als Richtwert empfiehlt die DGE eine tägliche Zufuhr von 2 mg  $\beta$ -Carotin (2, 3) neben 1,0 bzw. 0,8 mg Retinol-Äquivalenten für den Vitamin-A-Bedarf (9) und das NCI (nach 12) 5–6 mg  $\beta$ -Carotin. Die große Bedeutung aller Carotinoide im Hinblick auf eine Krebs- und Infarktprävention war der Anlaß für diese Untersuchungen, bei denen nicht nur die Provitamin-A-Carotinoide  $\beta$ -Carotin,  $\alpha$ -Carotin,  $\beta$ -Cryptoxanthin und  $\alpha$ -Cryptoxanthin sondern auch die Nicht-Provitamin-A-Carotinoide Lycopin, Lutein, Zeaxanthin, Antheraxanthin, Violaxanthin und Neoxanthin in Gesamtnahrungsproben einschließlich Getränken mit Hilfe der HPLC quantitativ erfaßt wurden. Diese Untersuchungen sollten auch Aufschluß darüber geben, ob die empfohlenen Zufuhrwerte mit einer ausgewogenen Ernährung zu realisieren sind und welchen Gemüse- und Obstarten auf Grund ihrer hohen Carotinoidgehalte eine Präferenz in den Speiseplänen einzuräumen ist (vgl. 19).

## Material und Methoden

### Material

Die Gesamtnahrungsproben bestanden jeweils aus einem Kantinenmittagessen (Forschungszentrum Karlsruhe), ei-

nem gelegentlich frei zugewählten Salat aus frischem Gemüse oder einem Nachtisch sowie aus einem Frühstück und einem Abendessen (stets inklusive Getränken), beides zusammengestellt anhand der Protokolle von Teilnehmerinnen einer Gesamtnahrungsstudie, die 1981 an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (4) durchgeführt worden war. Untersucht wurden 39 Gesamtnahrungsproben, die sich in ihren Zusammensetzungen stark unterschieden. Die untersuchten Gemüse- und Obstarten (ohne genaue Sortenkenntnis) wurden aus dem Einzelhandel bezogen oder stammten aus Hausgärten von Mitarbeitern. Von den jeweiligen Gesamtnahrungsproben (Tagesrationen), die sich zwischen 2,2 und 3,5 kg bewegten, gelangten stets 20 g des homogenisierten Speisen- und Getränkegemisches zur Untersuchung. Für die Gemüse- und Obstuntersuchungen wurden in Abhängigkeit von Carotinoid- und Wassergehalt Einwaagen gewählt, die von 5 bis 20 g reichten.

### Chemikalien

Die Referenzsubstanzen (auf die den IUPAC-Regeln entsprechende Benennung wurde verzichtet)  $\alpha$ - und  $\beta$ -Carotin wurden von SIGMA, Deisenhofen, Lutein und Lycopin von ROTH, Karlsruhe bezogen. Zeaxanthin,  $\beta$ -Cryptoxanthin und Echinenone wurden von HOFFMANN-LA ROCHE, Basel zur Verfügung gestellt.

Neoxanthin wurde aus Grünkohl, Violaxanthin aus Spinat, Antheraxanthin aus Kartoffeln und  $\alpha$ -Cryptoxanthin wurde aus Möhrenkraut durch Extraktion, Flüssig/flüssig-Verteilung sowie Säulen- und Dünnschichtchromatographie isoliert und über ihre VIS-Spektren identifiziert. Methanol, Äthanol, Aceton, n-Hexan, Tetrahydrofuran,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  wasserfrei, KOH, die Adsorbentien Kieselgel, MgO und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sowie das Pyrogallol (alle in HPLC- bzw. p.a.-Qualität) wurden von MERCK, Darmstadt und Butylhydroxytoluol von SIGMA, Deisenhofen erworben.

### Geräte

Das verwendete HPLC-System bestand aus Injektor (Modell U6K), Pumpen (Mod. 501) und Gradientensteuerggerät (Mod. 680) von WATERS, UV-VIS-Detektor (Mod. LCD 501) von GAMMA-ANALYSEN-TECHNIK, Bremerhaven, Photodioden-Array-Detektor (Mod. SPD-M10AV) von SHIMADZU, Integrator (Mod. D-2000) von

MERCK-HITACHI und Trennsäule (VYDAC 201TP54) von Separations Group, Hesperia (USA).

## Methoden

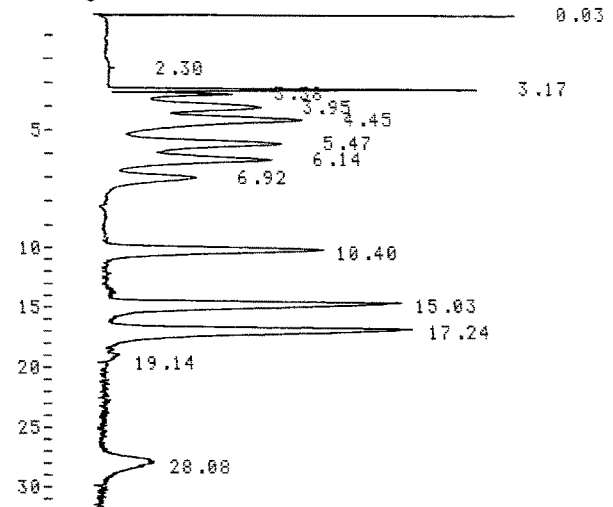
### Probenaufarbeitung

Nach der im Hinblick auf Extraktion und Verseifung leicht modifizierten Methode (7) wurden 5–20 g des Probenmaterials mit 50 ml Aceton/Äthanol (1:1), dem 1 ml 5 %ige wäßrige Pyrogallol-Lösung als Antioxidans zugesetzt wurde, am Ultra-Turrax extrahiert. Im Falle der Gesamtnahrungsproben erfolgte regelmäßig (bei Gemüse- und Obstproben nur bei Bedarf) durch Zusatz von 5 ml 40 %iger methanolischer KOH die Verseifung über 18 h bei Raumtemperatur und unter Lichtausschluß. Der unlösliche Rückstand wurde durch Filtration über eine Glasnutsche abgetrennt. Dem Filtrat wurden in einem Schütteltrichter je 40 ml 0,5 %ige Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Lösung und n-Hexan zugegeben, die Probe 2 min geschüttelt und nach Phasentrennung die untere wäßrig/äthanolische Phase abgelassen. Diese wurde erneut mit 40 ml n-Hexan versetzt und wie vorstehend beschrieben behandelt. Die vereinigten n-Hexan-Phasen wurden durch Zugabe von 20 g wasserfreiem Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> getrocknet, anschließend am Rotationsverdampfer bei 35 °C und ca. 150 mbar Unterdruck eingengt, das restliche n-Hexan durch Einleiten von Stickstoff entfernt und der verbliebene Rückstand in 5 ml eines 1:1-Gemisches aus Methanol und Tetrahydrofuran (THF mit 0,01 % Butylhydroxytoluol stabilisiert) aufgenommen. Für die HPLC-Untersuchung wurde je nach Farbsintensität dieser Lösung eine Verdünnung mit dem Methanol/THF-Gemisch vorgenommen, die von 1:5 bis 1:100 reichte. Bei der Methodenentwicklung und -optimierung (> 90 % Wiederfindungsrate) wurde Echinenone als interner Standard verwendet, bei der eigentlichen HPLC-Bestimmung wurde jedoch auf dessen Einsatz verzichtet, weil es die  $\alpha$ -Carotin-Bestimmung störte. Bei der alkalischen Verseifung waren Verluste nur beim Lycopin (ca. 25 %) nachweisbar.

### HPLC

Als Trennsäule wurde eine VYDAC 5 $\mu$ -RP-C18 (250 x 4,6 mm)-Säule (auf 20 °C temperiert) verwendet und als mobile Phase (Eluent) zur isokratischen Trennung 5 % Aceton in Methanol (6). Der Eluent wurde durch Redestillation regeneriert. Gradiententrennung erfolgte nach (13). Detektiert wurde bei 450 nm (0,01 AUF) mit einem UV-VIS-Spektrometer. Die Identifizierung der Carotinoide erfolgte über die Retentionszeiten und durch Chromatographie mit den Referenzsubstanzen. Abbildung 1 zeigt ein mit den Referenzsubstanzen gewonnenes HPLC-Chromatogramm. Die Retentionszeitachse ist im vorderen

Säule: Vydac 5  $\mu$ -RP-C18 (250x4,6mm)  
Eluent: 5% Aceton in Methanol  
Messung: bei  $\lambda$ =450 nm, 0.01 AUF



Neoxanthin (RT=3.95), Violaxanthin (4.45), Antheraxanthin (5.47), Lutein (6.14), Zeaxanthin (6.92),  $\beta$ -Cryptoxanthin (10.40),  $\alpha$ -Carotin (15.03),  $\beta$ -Carotin, all-trans (17.24),  $\beta$ -Carotin, cis (19.14), Lycopin (28.08)

Abb. 1 HPLC-Trennung von Carotinoiden

Bereich (Bereich der hochoxidierten Xanthophylle) der besseren Überschaubarkeit wegen leicht gespreizt dargestellt.  $\alpha$ -Cryptoxanthin fehlt im Chromatogramm und erscheint mit einer RT zwischen 8,5 und 9,0 vor dem  $\beta$ -Cryptoxanthin. Bei der Untersuchung der Gemüse- und Obstproben wurde zur Spektrenaufnahme und zur Peakreinheitsuntersuchung ein Photodioden-Array-Detektor herangezogen. Für die zur Kalibrierung notwendige Konzentrationsbestimmung der Carotinoidlösungen wurden die von (8) für die verschiedenen Carotinoide angegebenen spezifischen 1 % (1 cm)-Extinktionskoeffizienten verwendet. Im Meßbereich lag bei allen Carotinoiden Linearität vor. Die Nachweisgrenze war abhängig von der Retentionszeit (Fußbreite des Peaks). Sie lag für die verschiedenen Carotinoide zwischen 2,5 ng/g (Violaxanthin) und 15 ng/g (Lycopin) bei 20 g Einwaage.

## Ergebnisse und Diskussion

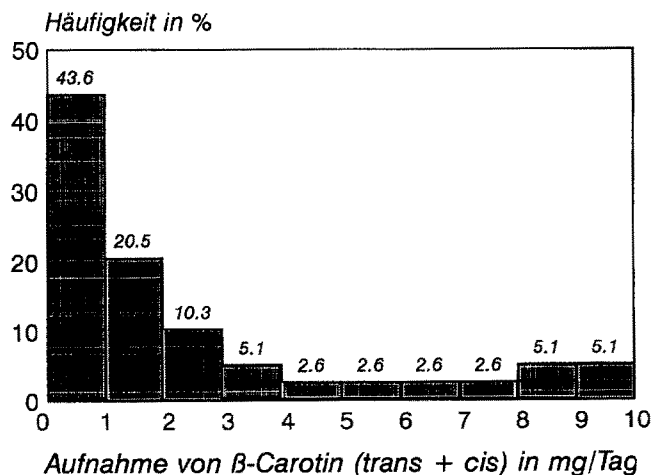
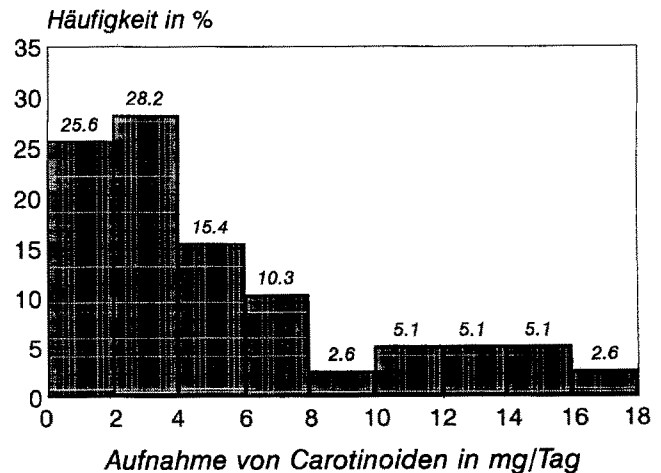
Art und Menge der mit der Nahrung und den Getränken pro Tag aufgenommenen Carotinoide ist aus Tab. 1 ersichtlich. Die Standardabweichung  $s$  vom Mittelwert  $\bar{x}$  lag in der Regel für die einzelnen Carotinoidgehalte zwischen 5 und 10 % bei der Peakflächenauswertung nach HPLC (Zahl der Injektionen  $n > 5$ ). Andere Einflüsse wie Einwaagegenauigkeit oder eventuelle Extraktionsverluste sind ohne größere Bedeutung für die Gehaltsbestimmung. Wegen der breiten Spannweite der Werte, die über beinahe 2 Größenordnungen reicht und der Nicht-Normalverteilung der Gehalte an individuellen Carotinoiden in

**Tabelle 1** Zufuhr an Carotinoiden in mg/Tag

Carotinoide	Anzahl der Meßwerte	Streubreite $x_{\min} - x_{\max}$	Median	Arithmet. Mittelw. $\bar{x}$
Provitamin-A-Carotinoide				
$\beta$ -Carotin (trans+cis)	39	0,24 – 9,72	1,09	2,53
$\beta$ -Carotin (trans)	39	0,18 – 8,16	0,96	2,18
$\beta$ -Carotin (cis)	39	0,04 – 2,25	0,19	0,35
$\alpha$ -Carotin	38	0,02 – 3,48	0,27	0,83
$\beta$ -Cryptoxanthin	37	0,01 – 0,93	0,10	0,15
$\alpha$ -Cryptoxanthin	21	0,01 – 0,34	0,06	0,08
Nicht-Provitamin-A-Carotinoide				
Lutein	39	0,19 – 2,90	0,80	0,97
Antheraxanthin	37	0,02 – 0,58	0,19	0,25
Lycopin	27	0,03 – 7,08	0,12	0,55
Zeaxanthin	36	0,02 – 0,69	0,10	0,14
Neoxanthin	3	0,05 – 0,11	0,10	0,09
Violaxanthin	24	0,01 – 0,36	0,05	0,07
$\Sigma$ Carotinoide	39	0,69 – 16,48	3,86	5,30
$\Sigma$ Provit.A-Carotinoide	39	0,33 – 12,59	1,52	3,51
$\Sigma$ Nicht-Provit.A-Car.	39	0,36 – 8,10	1,49	1,79

den 39 untersuchten Gesamtnahrungsproben muß zur Interpretation der Ergebnisse anstatt des arithmetischen Mittelwertes der Median verwendet werden. Von den 10 (mit cis- $\beta$ -Carotin 11) nachweisbaren Carotinoiden wurden  $\beta$ -Carotin (cis- und trans-) und Lutein in allen 39 Proben bestimmt. Nach abfallender Anzahl der Meßwerte geordnet ergibt sich für die Nachweis- bzw. Bestimmbarkeit die Reihenfolge  $\alpha$ -Carotin,  $\beta$ -Cryptoxanthin, Antheraxanthin, Zeaxanthin, Lycopin, Violaxanthin,  $\alpha$ -Cryptoxanthin und Neoxanthin im Anschluß an  $\beta$ -Carotin und

Lutein. Beim Vergleich der Zufuhrmengen an einzelnen Carotinoiden ergibt sich im oberen Bereich der Rangfolge ein ähnliches Bild. An der Spitze befindet sich das  $\beta$ -Carotin (trans + cis) mit einer mittleren täglichen Zufuhrmenge von 1,1 mg/Tag, gefolgt von Lutein (0,8),  $\alpha$ -Carotin (0,27), Antheraxanthin (0,19), Lycopin (0,12), Zeaxanthin (0,10), Neoxanthin (0,10),  $\beta$ -Cryptoxanthin (0,10),  $\alpha$ -Cryptoxanthin (0,06) und Violaxanthin (0,05 mg/Tag). Für die Carotinoidzufuhr insgesamt ergibt sich ein Medianwert von 3,9 mg/Tag, für die Zufuhr von Provitamin-A-Carotinoiden 1,52 und für die von Nicht-Provitamin-A-Carotinoiden 1,49 mg/Tag. Die hohen cis- $\beta$ -Carotin-Anteile in den Gesamtnahrungsproben rühren von der thermischen Belastung während der Speisenzubereitung her. Kochversuche mit  $\beta$ -Carotin (halbstündiges Kochen im Extraktionsmittel bei ca. 70 °C) hatten keine Zerstörung des  $\beta$ -Carotins zur Folge, jedoch 20 % des all-trans- wurden zu 9-cis- $\beta$ -Carotin umgewandelt. Durch noch höhere Temperaturen werden noch andere cis-Formen (13-, 15-cis) gebildet, die gelegentlich auftraten. Eine in den USA aus Verzehrsangaben von 1 102 19–50jährigen Frauen entwickelte Carotinoid-Datenbank (5) über die Aufnahme der 5 wichtigsten Carotinoide  $\beta$ -Carotin,  $\alpha$ -Carotin,  $\beta$ -Cryptoxanthin, Lycopin und Lutein+Zeaxanthin ergab eine summarische mittlere Zufuhrmenge von ungefähr 6 mg/Tag; bei den individuellen Carotinoiden ergab sich die Rangfolge Lycopin (2,6),  $\beta$ -Carotin (1,8), Lutein+Zeaxanthin (1,3),  $\alpha$ -Carotin (0,4) und  $\beta$ -Cryptoxanthin (0,03 mg/Tag). Unter Berücksichtigung der arithmetischen Mittelwerte (Tab. 1) anstatt der Medianwerte von unseren Versuchsergebnissen zeigt sich eine bessere Übereinstimmung mit den aus den Verzehrerhebungen in den USA ermittelten Werten. Dies gilt ebenso für die Ergebnisse einer finnischen Studie (14), in der der Gemüse- und Obstverzehr durch eine Interview-Methode ermittelt wurde. Getrennt nach Geschlecht

**Abb. 2** Häufigkeitsverteilung bei der Zufuhr von  $\beta$ -Carotin**Abb. 3** Häufigkeitsverteilung bei der Zufuhr von Carotinoiden

**Tabelle 2** Carotinoid-Gehalte von Gemüse (mg/100 g)

	Provitamin-A-	Nicht-Provit.A-Car.	Ges.-Carotinoide		
Blattgemüse	β-Carotin		Lutein		
Grünkohl	9,02	8,68	25,74	18,63	34,76
Petersilie	6,74	6,37	18,94	13,78	25,68
Spinat	3,77	3,68	13,54	9,54	17,31
Feldsalat	4,22	3,98	11,74	9,65	15,96
Kopfsalat	1,75	1,67	6,73	2,92	8,48
Endiviensalat	1,09	1,09	2,50	2,08	3,59
Rosenkohl	0,66	0,59	2,76	1,61	3,42
Eisbergsalat	0,40	0,40	1,45	0,69	1,85
Rotkohl	0,08	0,05	0,35	0,15	0,43
Weißkohl	0,04	0,03	0,22	0,08	0,26
Rhabarber	0,03	0,03	0,18	0,13	0,21
Fruchtgemüse					
Paprika, rot	5,41	3,78	21,97	0,00	30,38
Tomaten	1,04	0,89	11,65	0,21	12,69
Tomaten (Gewächsh.)	1,22	0,61	3,64	0,09	4,86
Zucchini	0,24	0,22	1,52	1,33	1,76
Broccoli	0,34	0,32	1,22	0,80	1,56
Buschbohnen	0,32	0,27	1,14	0,76	1,46
Paprika, grün	0,15	0,13	0,57	0,41	0,72
Blumenkohl	0,004	0,003	0,03	0,02	0,03
Wurzel- und Knollengemüse					
Möhren (groß)	14,42	9,53	1,36	0,36	15,78
Möhren (mttl.Gr.)	9,62	6,53	0,76	0,56	10,38
Möhren (kl.,jung)	8,96	4,81	0,50	0,44	9,46
Kartoffeln	0,01	0,01	0,45	0,10	0,46
Kohlrabi	0,01	0,01	0,05	0,01	0,06
Spargel	0,001	0,001	0,06	0,03	0,06
Küchenzwiebel	0,002	0,002	0,02	0,02	0,02

**Tabelle 3** Carotinoid-Gehalte von Obst (mg/100 g)

	Provitamin-A-	Nicht-Provit.A-Car.	Ges.-Carotinoide		
Beerenobst	β-Carotin		Lutein		
Brombeeren	0,16	0,13	0,74	0,65	0,90
Jostabeeren	0,27	0,23	0,57	0,26	0,84
Stachelbeeren	0,08	0,07	0,31	0,26	0,39
Himbeeren	0,05	0,01	0,27	0,21	0,32
Schw. Johannisb.	0,02	0,02	0,21	0,18	0,23
Heidelbeeren	0,01	0,01	0,18	0,14	0,19
Rot. Johannisb.	0,02	0,01	0,08	0,07	0,10
Erdbeeren	0,01	0,01	0,05	0,04	0,06
Weinbeere	0,01	0,004	0,02	0,01	0,03
Steinobst					
Nektarinen	0,68	0,40	2,25	0,98	2,93
Aprikosen	1,04	0,90	1,59	0,04	2,63
Sauerkirschen	0,83	0,40	0,21	0,05	1,04
Pfirsiche	0,18	0,13	0,84	0,03	1,02
Mirabellen	0,28	0,25	0,47	0,20	0,75
Zwetschgen	0,15	0,12	0,34	0,13	0,49
Pflaumen	0,09	0,09	0,34	0,16	0,43
Süßkirsch. (gelb)	0,06	0,03	0,27	0,06	0,33
Kernobst					
Birnen	0,01	0,01	0,07	0,06	0,08
Äpfel „Jak.Fisch.“	0,02	0,01	0,05	0,03	0,07
Äpfel „Elstar“	0,03	0,02	0,11	0,02	0,14
Süd-, Zitrus- und exotische Früchte					
Papaya	0,82	0,38	3,01	0,01	3,83
Grapefruit	0,63	0,59	3,01	0,02	3,64
Clementinen	0,57	0,03	0,63	0,06	1,20
Avocado	0,09	0,05	0,53	0,39	0,62
Orangen	0,05	0,01	0,47	0,02	0,52
Kiwi	0,01	0,01	0,19	0,14	0,20
Bananen	0,05	0,02	0,02	0,02	0,07
Zitronen	0,02	0,003	0,03	0,01	0,05

tern ist für Erwachsene die mittlere tägliche Aufnahme von β-, α- und γ-Carotin sowie die von Lutein und Lycopin aufgeführt. Eine gute Übereinstimmung mit unseren Werten liegt vor bei β-Carotin, Lutein und Lycopin. Die Werte der VERA-Studie (20), in der nur die β-Carotin-Zufuhr erfaßt wurde, bewegen sich ebenfalls im Bereich unserer Zufuhrwerte für das β-Carotin.

Die Häufigkeitsverteilung sowohl bei der β-Carotin (trans + cis)- als auch bei der Gesamtcarotinoidzufuhr zeigen die Abb. 2 und 3. Es ist ersichtlich, daß ungefähr 2/3 der untersuchten Proben Gehalte von weniger als 2 mg β-Carotin (trans + cis) (Abb. 2) und weniger als 6 mg Gesamtcarotinoide (Abb. 3) aufwiesen. Zur Realisierung der empfohlenen Zufuhrmengen von 2 mg bzw. 5 (-6) mg β-Carotin pro Tag hätten nur 36 % bzw. 18 % der Proben beigetragen. Demnach reicht ein normales Kantinen Mittagessen nicht aus, daß zumindest den Minmalempfehlungen entsprochen wird. Dieses Defizit sollte durch Zuwahl frischer Salate aus carotinreichem Gemüse und durch Verzehr von rohem Gemüse (z.B. Möhren, Tomaten, Paprika) und Obst (z.B. Nektarinen, Aprikosen,

Grapefruits, Clementinen) mit hohen Carotinoidgehalten bzw. entsprechender Obst- und Gemüsesäfte während des Tages ausgeglichen werden. Die nachgewiesenen maximalen Zufuhrmengen (> 10 mg Carotinoide/Tag bzw. > 5 mg β-Carotin/Tag) resultierten meistens entweder aus Möhren (und Erbsen)-Gemüse (200–300 g) oder aus ausgewählten Salaten (100–200 g Möhrensalat). Die Untersuchung von einer Vielzahl von Gemüse- und Obstarten (Tab. 2 und 3) auf ihren Gehalt an individuellen Carotinoiden lieferte interessante und zum Teil neue Erkenntnisse, die noch detailliert veröffentlicht werden (Müller, in Vorbereitung). Die hier gewählte Darstellung der Versuchsergebnisse in Form von Gehalten an Provitamin-A- (und separatem β-Carotin) und Nicht-Provitamin-A-Carotinoiden (und separatem Lutein) wird dem eigentlichen Zweck dieser Untersuchungen gerecht, leicht

Gemüse- und Obstsorten mit hohen Carotinoidgehalten für den individuellen Verzehr ausfindig machen zu können. Dabei gibt es aber zu bedenken, daß Produkte mit niedrigen Carotinoidgehalten andererseits über hohe Vitamin-C- oder Polyphenol-Gehalte verfügen können. Bei den nicht aufgeführten Provitamin-A-Carotinoiden handelt es sich im wesentlichen um das  $\alpha$ -Carotin und das  $\beta$ -Cryptoxanthin, bei den Nicht-Provitamin-A-Carotinoiden um das Zeaxanthin, das Violaxanthin und dessen cis-Isomeres (Violeoxanthin), das Neoxanthin, das Luteinepoxid, das Lycopin sowie um das Phytoen und das Phytofluon, die in einigen Steinobst- und Zitrusfruchtarten vorkommen. Beim Vergleich der Gehalte nach Tab. 2 und 3 mit denjenigen, die nach Evaluierung (18) in die erstellte Carotinoid-Datenbank (5) aufgenommen wurden, zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung bei vielen Produkten.

Obwohl der direkte Beweis der krebsverhindernden Wirkung der Carotinoide beim Menschen noch aussteht,

wurde durch eine Vielzahl von Erhebungen über die Beziehung zwischen Verzehrsmenge und -häufigkeit von Gemüse und Obst einerseits und Fällen von Krebserkrankungen andererseits ein signifikanter protektiver Effekt nachgewiesen, der jedoch auch (mit) durch andere in Obst und Gemüse vorkommende Antioxidantien wie Vitamin C, Polyphenole u.a. verursacht werden kann (synergistische Effekte). Für viele Krebsarten gilt, daß bei Personen, die wenig Gemüse und Obst verzehren, das zweifache Risiko besteht, an Krebs zu erkranken, als bei Personen mit einer hohen Verzehrsmenge.

**Danksagung** Der Autor dankt Frau M. Werner für die vorzügliche Assistenz bei der Durchführung der Untersuchungen und Frau M. Reuter für die gewissenhafte Zusammenstellung der Gesamtnahrungsproben.

Der Fa. Hoffmann-La Roche, Basel wird für die kostenlose Überlassung der Referenzsubstanzen  $\beta$ -Cryptoxanthin, Zeaxanthin und Echinenone gedankt.

## Literatur

1. Aruoma OI (1994) Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. *Fd Chem Toxic* 32 (7):671–683
2. Ausschuß „Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr“ der DGE (1991) Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr der DGE. 5. Überarbeitung 1991, Kommentar zu den Neuerungen. *Ernährungs-Umschau* 38 (H.12):479–483
3. Ausschuß „Nahrungsbedarf“ der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) (1995) Zufuhrempfehlungen und Nährstoffbedarf, Teil II: Vergleich der Vorschläge des SCF/EC mit den Empfehlungen der DGE, 2. Vitamine, *Ernährungs-Umschau* 42 (H.2):44–50
4. BFE-R-83-02 (1983) Essentielle und toxische Inhaltsstoffe in der täglichen Gesamtnahrung. *Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe* (ISSN 0341-4469)
5. Chug-Ahuja JK, Holden JM, Forman MR, Mangels AR, Beecher GR, Lanza E (1993) The development and application of a carotenoid database for fruits, vegetables, and selected multi-component foods. *J Am Diet Assoc* 93:318–323
6. Craft NE, Wise SA (1992) Optimization of an isocratic high-performance liquid chromatographic separation of carotenoids. *J of Chromatogr* 589:171–176
7. Craft NE, Wise SA (1993) Individual carotenoid content of SRM 1548 total diet and influence of storage temperature, lyophilization, and irradiation on dietary carotenoids. *J Agric Food Chem* 41:208–213
8. Davies BH (1976) Carotenoids. In: Goodwin TW (ed) *Chemistry and biochemistry of plant pigments*. Voll. II, Academic Press, New York, pp 38–165
9. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (1991) Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr. 5. Überarbeitung, Umschau Verlag, Frankfurt/M.
10. Eichholzer M, Stähelin HB (1994) Antioxidative Vitamine und Krebs – eine Übersicht. *Akt Ernähr Med* 19:2–11
11. Gerster H (1993) Anticarcinogenic effect of common carotenoids. *Internat J Vit Nutr Res* 63:93–121
12. Gey KF, Brubacher GB, Stähelin H (1987) Plasma levels of antioxidant vitamins in relation to ischemic heart disease and cancer. *Ann J Clin Nutr* 45:1368–1377
13. Ittah Y, Kanner J, Granit R (1993) Hydrolysis study of carotenoid pigments of paprika (*Capsicum annuum* L. variety Lehava) by HPLC/Photodiode Array Detection. *J Agric Food Chem* 41:899–901
14. Järvinen R (1995) Carotenoids, retinoids, tocopherols and tocotrienols in the diet; the Finnish mobile clinic health examination survey. *Internat J Vit Nutr Res* 65:24–30
15. Kohlmeier L (1990) Antioxidanzien und Krebsverhütung. *Bundesgesundhbl* 33 (12/90):556–559
16. Krinsky NI (1989) Antioxidant functions of carotenoids. *Free Rad Biol Med* 7:617–635
17. Krinsky NI (1991) Effects of carotenoids in cellular and animal systems. *Am J Clin Nutr* 53 (1 Suppl):238S–246S
18. Mangels AR, Holden JM, Beecher GR, Forman MR, Lanza E (1993) Carotenoid content of fruits and vegetables: an evaluation of analytic data. *J Am Diet Assoc* 93:284–296
19. Müller H (1995) Die Aufnahme von Carotinoiden bei einer ausgewogenen Ernährung – Bestimmung der täglichen Zufuhrmenge an einzelnen Carotin und Xanthophyllen. *Z Ernährungswiss* 34:Abstracts – 32. Kongreß der DGE, S 75
20. Schneider R (1992) Die Beurteilung der Nährstoffversorgung bundesdeutscher Bevölkerungsgruppen am Beispiel von Vitamin C und  $\beta$ -Carotin. *VERA-Schriftenreihe*, Band VIII, Wissenschaftlicher Fachverlag Dr. Fleck, Niederkleen