

Neuartiger Karottensaft aus lycopinhaltigen Karotten

Prof. Dr. M. Tevini, H. Delong, E. Heene, A. Schmitt, U. Freisler, J. Bayer

Carotinoide | Enzymierung | Kingston | Lycopin | Nutri-Red-Karotte | Safterstellung | Trester

1. EINLEITUNG

Das Bestreben der Bevölkerung durch den Verzehr von Obst und Gemüse und den daraus hergestellten Säften zur Stärkung der Gesundheit und damit zur Erhöhung der Lebensqualität und -erwartung beizutragen, ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Zur Gesunderhaltung sind besonders natürliche Farbstoffe wie z.B. Anthocyane im dunkelroten Beerenobst und Carotinoide in rot-orangen Gemüsesorten geeignet. Beide Substanzgruppen enthalten bioaktive Wirkstoffe, die in Mensch und Tier, aber auch in Pflanzen als Antioxidantien wirken und aufgrund ihrer chemischen Struktur schädliche Sauerstoffspezies wie z.B. Sauerstoffradikale inaktivieren können. Aus der Gruppe der Carotinoide sind



α - und β -Carotin „Radikalfänger“, die hauptsächlich in Karotten vorkommen, während Lycopin mit hohem Gehalt in Tomaten vertreten ist. Wegen der 11 konjugierten Doppelbindungen ist jedoch Lycopin den Carotinen als Antioxidans überlegen (Böhm et al. 2002). Neben der antioxidativen Wirkung haben Lycopin und andere Carotinoide aber auch anticancerogene Eigenschaften, obwohl die molekularen Wirkmechanismen noch kaum bekannt sind (Giovannucci et al. 1995, Giovannucci 1999, Agarwal und Rao 2000, Michaud et al. 2000, Heber und Lu 2002). Daneben fand man, dass Lycopin die LDL-Oxidation (LDL=low density lipoprotein) hemmen kann, und der Arteriosklerose günstig entgegenwirkt (Fuhrmann et

al. 1997, Klipstein-Grobusch et al. 2000, Grünwald et al. 2002). Voraussetzung für die gesunderhaltenden Eigenschaften der Carotinoide ist jedoch eine gute Bioverfügbarkeit im menschlichen Verdauungstrakt, die bei Säften höher ist als bei Rohware (Gartner et al. 1997, Agarwal et al. 2001). Herkömmliche Karottensorten für die Gemüse- und Saftproduktion enthalten α - und β -Carotin, oft in aliquoten Mengen von ca. 10 mg/100 g Rohware. Tomaten weisen einen Lycopingehalt je nach Sorte und Reifegrad von 3 mg bis 40 mg/100 g Rohware (Reith 1995, Nguyen und Schwartz 1999) auf. Seit kurzem ist eine neue, herkömmlich gezüchtete Karottensorte mit dem Namen Nutri-Red auf dem Markt,

die neben β -Carotin auch große Mengen Lycopin enthält. Der daraus hergestellte Saft vereinigt somit die gesundheitsrelevanten Wirkstoffe von Karotte und Tomate.

Bei der Safterstellung gehen die Carotinoide nicht vollständig in den Saft über, sondern verbleiben aufgrund struktureller Matrix-Bindungen im Pressrückstand (Trester), der somit noch einen erheblichen Wertstoff darstellt. Durch Behandlung mit zellwandlösenden Enzymen konnte aber beispielsweise aus dem Trester von Tomaten Lycopin in der Maische angereichert werden (Böhm et al. 2003).

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Verbesserung der gesundheitlichen Qualität von Lebensmitteln durch Erhöhung und Modifikation des Carotinoidgehaltes“ werden Bioverfügbarkeit und gesundheitliche Relevanz von Carotinoiden untersucht. In diesem Zusammenhang ist auch die neue lycopinreiche Karottensorte Nutri-Red von besonderem Interesse. Der daraus von der Fruchtsaft Bayer & Co. (Ditzingen-Heimerdingen) in Zusammenarbeit mit der Universität Karlsruhe hergestellte Saft ist bereits in Humanstudien an der Universität Düsseldorf eingesetzt worden. Erste Ergebnisse zeigen, dass Nutri-Red-Karottensaft zur Prophylaxe von Sonnenbrand beiträgt (Stahl und Sies 2002, Heinrich et al. 2003).

Nachfolgend wird über Herkunft und Anbau, sowie über die Carotinoide-Zusammensetzung dieser neuartigen Karotte und daraus hergestellter Säfte berichtet. Ferner werden Ergebnisse zur Anreicherung von Lycopin in Nutri-Red-Säften durch Behandlung der Karottenhomogenisate mit Pektinasen und Cellulasen vorgestellt.

2. MATERIAL UND METHODEN

Die Karottensorte Nutri-Red ist durch Kreuzung der japanischen lycopinreichen Sorte Kintoki mit einer herkömmlich amerikanischen Nantes-Sorte entstanden und ähnelt im Aussehen dem Imperator-Typ. Die Anpassung an die klimatischen Verhältnisse im Norden der USA hat diese Sorte auch für europäische Klimate nutzbar gemacht. Die Karotten sind sowohl in Anbaubetrieben der Firma Frosta in Norddeutschland (Anbaugbiet Seyda) als auch im Bioland-Betrieb Grieshaber (Ditzingen) in der Nähe von Stuttgart für die Untersuchungen in den Jahren 2000-2002 angebaut worden. Für die Carotinoideanalyse des Rohmaterials wurden Karotten aus den genannten Anbaugebieten verwendet. Aus Vergleichsgründen wurde die herkömmliche Sorte Kingston aus dem nördlichen Anbaugbiet Seyda in die Untersuchungen einbezogen. Zur Saftproduktion wurde entweder Nutri-Red-Tiefkühlware der Firma Frosta (Anbau Seyda) oder Rohware aus dem Bioanbau von der Firma Bayer & Co. (Ditzingen-Heimerdingen) nach den besonderen Verfahren der Gemüsesaftproduktion verwendet.

2.1 CAROTINOIDEXTRAKTION UND -ANALYSE

Zur Herstellung eines repräsentativen Homogenisates wurden 5-10 Karotten im Mixer grob zerkleinert und daraus 10 g Rohware in Aceton mit BHT (Butylhydroxytoluol) als Antioxidans mit einem Ultraturrax weiter mazeriert und bis zur Farblosigkeit der Matrix mehrfach extrahiert. Die zusammengeführten Acetonextrakte sind sodann mit Petrolbenzin/Wasser und NaCl-Lösung (halbgesättigt) ausgeschüttelt, die Epiphase mit Na₂SO₄ getrocknet, eingengt und in Aceton aufgenommen worden. Für die Extraktion der Carotinoide aus Säften wurden je 10 ml Saft verwendet, der direkt im Scheidetrichter zunächst mit Wasser und BHT verdünnt und dann mit einem Gemisch aus Hexan und Aceton (1:1;V/V) bis zur Farblosigkeit der Hypophase extrahiert wurde. Die Epiphase ist erneut getrocknet und in Aceton (10 ml) aufgenommen worden.

Die Trennung der Carotinoide erfolgte durch HPLC mit einer C-30-Säule (YMC „Carotinoide S5“) mittels Gradiententrennung (MTBE/Methanol/Wasser) auf einem HP-Chromatographen, der mit einem Dioden-Array-Photometer und einer Chemstation zur Auswertung verbunden war. Die Identifizierung der Carotinoide wurde spektralphotometrisch anhand von Referenzsubstanzen oder durch Vergleich mit Spektraldaten aus der Literatur durchgeführt. Die Isomere des Lycopins und des β-Carotins wurden selbst hergestellt (Schmitt 2002).

2.2 SAFHERSTELLUNG UND ENZYMIERUNG

Die Herstellung der Karottensäfte erfolgte zunächst im Kleinversuch mit 7 kg blanchierter Tiefkühlware (Firma Frosta) mit (Ultra SP-L;100 ml/t für 1 h) und ohne Enzymierung. In einem weiteren Kleinversuch mit 4 kg gelagerter Tiefkühlware, die den üblichen Prozessschritten wie Waschen, Blanchieren, Zerkleinern und Pressen (Handpresse) unterworfen wurden, ist die Wirkungsweise verschiedener Enzymsysteme geprüft worden. Im Fall der Enzymierung wurden dem zerkleinerten Material Cellulasen, Pektinasen, Cellobiasen und Pektinlyasen (Fa. Begerow) in verschiedenen Konzentrationen und Gemischen zugesetzt und anschließend bei ca. 80 °C sterilisiert. Die Enzyme wurden wie folgt dosiert:

- 1. Pektinase 10 ml/hl
- 2. Pektinase 20 ml/hl
Cellulase mit Cellobiase 5 ml/hl
- 3. Pektinase 15 ml/hl
Cellulase mit Cellobiase 10 ml/hl
Pektinlyase 5 ml/hl

In einem technischen Großversuch wurde eine Tonne Rohware nach dem Waschen, Schälen und Blanchieren mittels Hammermühle und Suprator zerkleinert und über einen Dekanter abgepresst. Für die enzymierte Charge kam ein optimiertes Gemisch aus Pektinasen und Cellulase mit Cellobiase zum Einsatz.

3. ERGEBNISSE

3.1 ROHWARE

Der jeweilige Gehalt an Carotinoiden ist naturgemäß abhängig von der Sorte, dem Anbaugebiet, der Düngung etc. Die in Abb. 1 dargestellten Werte der Hauptcarotinoide stellen daher die

Verhältnisse an dem jeweiligen Standort dar. Die japanische „Muttersorte“ Kintoki enthielt zwischen 40 und 50 mg Lycopin und ca. 26 mg β-Carotin/kg Rohware.

In der neuartigen Karottensorte Nutri-Red kommen wie in der Kintoki Lycopin und β-Carotin als Hauptkomponenten vor, wobei der Lycopingehalt der Neuzüchtung Nutri-Red den der japanischen Ausgangsform Kintoki um ca. 40 % übertrifft.

Tomaten enthalten in etwa gleiche Mengen Lycopin, allerdings schwanken die Gehalte in Abhängigkeit von Sorte und Reifegrad sehr stark, wie in Abb. 1 an der großen Variationsbreite verschiedener Sorten zu sehen ist.

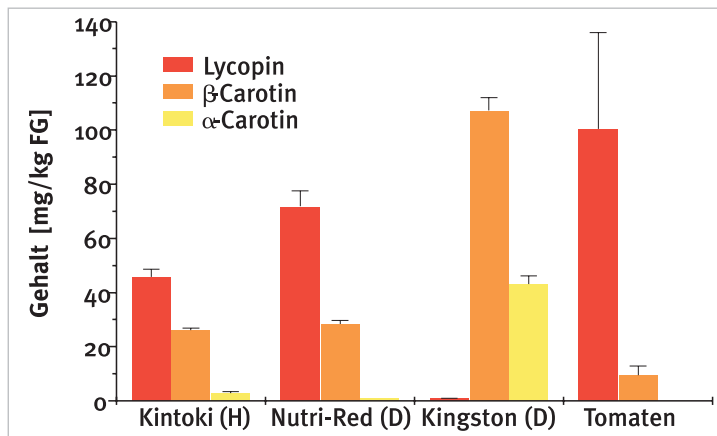


Abb.1: Vergleichende Darstellung der Gehalte an Hauptcarotinoiden verschiedener Karotten- und Tomatensorten (FG=Frischgewicht) *Variationsbreite verschiedener Tomatensorten (alle Abbildungen Bayer)

Die herkömmliche Sorte Kingston aus dem Anbaugebiet Seyda enthält hauptsächlich β- und α-Carotin etwa im Verhältnis 2:1.

Beide Sorten weisen neben den Hauptkomponenten in all-trans-Form eine Vielzahl ihrer cis-Isomeren, sowie ebenfalls in geringen Mengen auch die Xanthophylle Lutein, Violaxanthin, Antheraxanthin und Lutein auf (Abb. 2 und Tab. 1).

In Abb. 2 ist exemplarisch ein HPLC-Chromatogramm eines Carotinoideextraktes der Lycopinkarotte Nutri-Red abgebildet.

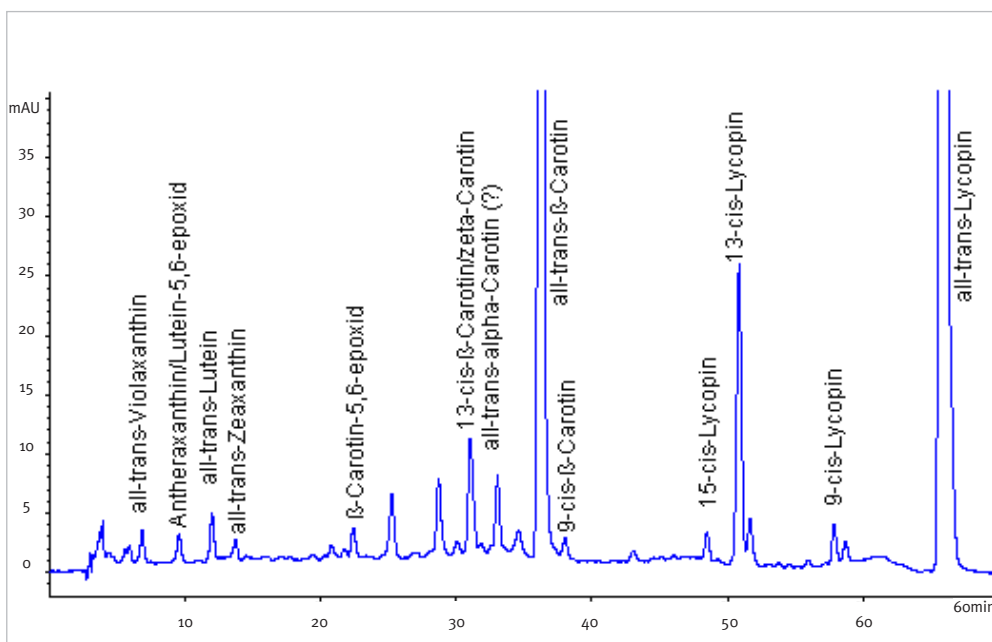


Abb. 2: HPLC-Chromatogramm (C-30-Säule) eines Carotinoideextraktes der Lycopinkarotte Nutri-Red

Im Detail ergeben sich die in Tab. 1 zusammengestellten Einzelwerte in mg/kg Rohware. Zum Vergleich sind die Daten der herkömmlichen Sorte Kingston aufgeführt.

Tab. 1: Carotinoidgehalte (mg/kg Rohware) der Karottensorten Nutri-Red und Kingston im Vergleich

Carotinoide	Nutri-Red	Kingston
Lycopin	71,84 ± 5,78	0,36 ± 0,02
15-cis-Lycopin	-	-
13-cis-Lycopin	3,86 ± 0,49	-
9-cis-Lycopin	0,63 ± 0,18	-
β-Carotin	28,41 ± 1,31	107,31 ± 4,56
15-cis-β-Carotin	-	0,80 ± 0,207
13-cis-β/ζ-Carotin	1,71 ± 0,01	3,60 ± 0,97
9-cis-β-Carotin	0,45 ± 0,19	0,87 ± 0,34
b-Carotin-5,6-epoxid	0,07 ± 0,01	-
α-Carotin	-	43,17 ± 2,91
15-cis-α-Carotin	-	0,40 ± 0,23
13-cis-α-Carotin	-	0,59 ± 0,35
9-cis-α-Carotin	-	1,24 ± 0,28
Lutein	0,56 ± 0,20	1,84 ± 0,42
Summe	107,53	160,18

Die in der Tabelle 1 dargestellten Einzeldaten stammen von Karotten des Anbaus in Seyda, wobei Nutri-Red und Kingston auf nebeneinander liegenden Parzellen desselben Ackers angebaut worden sind. Die Sorte Nutri-Red enthielt an diesem Standort und unter den dortigen Anbau und Klimabedingungen ca. 72 mg Lycopin und ca. 28 mg β-Carotin pro kg Frischmasse. Daneben findet man in geringen Mengen 13-cis und 9-cis-Isomere von Lycopin und β-Carotin. Die herkömmliche Sorte Kingston weist nur Spuren von Lycopin, dafür jedoch ca. 107 mg β-Carotin und ca. 43 mg α-Carotin auf. Auch hier kommen cis-Isomere der entsprechenden Carotine in geringen Mengen vor. Die Xanthophylle Lutein, Violaxanthin und Antheraxanthin kommen in beiden Sorten vor, jedoch nur mit Anteilen unter 2 % des Gesamtcarotinoidgehaltes.

SÄFTE

Naturgemäß enthalten die Säfte aus den jeweiligen Karotten dieselben Komponenten wie die Rohware, wobei jedoch die Carotinoidgehalte im Saft aus Frischware niedriger sind als aus Tiefkühlware, die verarbeitungsbedingt vor dem Einfrieren blanchiert werden. Dies hängt mit dem besseren Aufschluss der Matrix im blanchierten Material zusammen, was auch durch Experimente mit frischen und tiefgefrorenen Karotten, die im Zuge der Verarbeitung zuvor blanchiert worden waren, belegt werden konnte. Während der Presssaft von Frischkarotten nur ca. 15 mg/l enthielt, waren im Presssaft aus Tiefkühlmaterial nach Enzymierung mit einer Pektinase ca. 57 mg Lycopin pro Liter enthalten.

In Zusammenarbeit mit der Fa. Fruchtsaft Bayer & Co und der Firma Begerow wurde in einem Kleinversuch mit je 4 kg gelagerter

Tab.2a: Hauptcarotinoide (mg/l) in Säften aus Frischware und TK-Ware ohne und mit Enzymzugabe (Ultra SP-L)

Herstellungsart	β-Carotin	Lycopin
Frischware ohne Enzym	8,7	14,7
Frischware mit Enzym	7,7	20,3
TK-Ware mit Enzym	25,7	57,1

Tiefkühlware die Wirkung verschiedener Enzyme und Enzymgemische zur Verbesserung der Ausbeute von Lycopin im Saft untersucht.

Durch Enzymierung mit zellwandspaltenden Enzymen wie z.B. Pektinasen und Cellulasen lässt sich die Matrix besser aufschließen, wobei Enzymgemische wirkungsvoller sind als Einzelenzyme (Tab. 2a/b). Durch Enzymmischungen aus Pektinase, Cellulase, Cellobiase und Pektinlyase (Fa. Bergerow) in verschiedenen Konzentrationen (siehe Material und Methode) konnte der Lycopingehalt im Saft aus der Rohware um ca. 50 % gesteigert werden.

Tab. 2b: Prozentuale Verteilung der Hauptcarotinoide in Säften ohne und mit verschiedenen Enzymzugaben

Herstellungsart	β-Carotin	Lycopin
Ohne Enzym	100 %	100 %
1 Pektinase	90 %	88,2 %
2 Pektinase Cellulase mit Cellobiase	148,9 %	135,7 %
3 Pektinase Cellulase mit Cellobiase Pektinlyase	151,4 %	149,3 %

Im technischen Großversuch mit 1 t Rohmaterial stellen sich die Lycopinausbeuten noch günstiger dar, wenn die Rohware nach dem Blanchieren mittels Hammermühle und Supraton zerkleinert und dann im Dekanter abgepresst wird. Während die Maische vor dem Dekanter noch ca. 106 mg Lycopin/kg enthielt, verbleiben im abgepressten Saft ca. 60 mg/l, im aufkonzentrierten Trester jedoch noch ca. 155 mg/kg (Tab. 3). Eine anschließende Enzymbehandlung des Tresters mit Enzym Nr. 2 bringt nach der erneuten Dekanter-Pressung nur noch ca. 7 mg Lycopin im Saft.

Tab. 3: Carotinoidgehalte in Maische (mg/kg), Trester (mg/kg) und Saft (mg/l) aus Nutri-Red-Karotten nach Enzymierung.

	Maische	Trester	Saft
Lutein	1,2	1,7	0,7
cis-β-Carotin	5,0	6,3	2,6
α-Carotin	1,2	2,3	0,8
β-Carotin	41,5	65,2	22,01
cis-Lycopin	8,5	10,3	7,9
Lycopin	106,3	155,3	59,6
Σ Carotinoide	166,0	242,5	93,8
Wassergehalt	88,3 %	82,3 %	100 %

Eine weitere Aufarbeitung des Tresters mit verbesserter Zerkleinerungstechnik mittels Supraton oder Hochdruckhomogenisation ist vorgesehen.

4. DISKUSSION

Lycopinkarotten können je nach Standort, Anbau- und Düngung bis zu 100 mg Lycopin pro Kilogramm Frischware enthalten. Zusätzlich bekommt man bei dem Verzehr der Lycopinkarotte noch ca. 50 mg β-Carotin geliefert, das in Tomaten nicht oder nur in geringen Mengen vorkommt. Tomaten enthalten zwischen 31 mg und 77 mg Lycopin pro kg Frischmasse (Nguyen und Schwartz 1999) mit erheblicher Schwankungsbreite innerhalb der Sorten und in Abhängigkeit vom Reifegrad (Reith 1995). Die gelbe Party-Tomate weist z.B. überhaupt kein Lycopin auf. Lycopin dient der menschlichen Gesundheit als Radikalfänger, während β-Carotin als Vorstufe des Vitamin A die Vitaminbilanz unterstützt oder per

se protektiv gegen bestimmte Krankheiten wirkt, ohne vorher in Retinol umgewandelt worden zu sein (Peto et al. 1981).

Ein Aufschließen der Rohware durch Blanchieren scheint auch für den Verbraucher günstiger, da hierdurch der Zellverband (Textur) bereits teilweise aufgebrochen wird und dadurch die Carotinoide besser bioverfügbar werden. Dieses ist von mehreren Autoren an Tomaten und anderen Gemüsen bestätigt worden (Stahl und Sies 1992, Gartner et al. 1997, Böhm und Bitsch 1999). Die hier beschriebenen Ergebnisse bestätigen ebenfalls, dass ein Herauslösen der Carotinoide aus dem Zellverband durch Erhitzen und/oder Aufschluss mit Pektinasen verbessert werden kann. Durch Verwendung einer Suprator-Maschine, gefolgt von einem Dekanter und verbesserter Enzymierung mit Pektinase-Cellulasegemischen können Lycopin und die übrigen Carotinoide im konventionellen Produktionsverfahren im Saft weiter angereichert werden. Die restlichen Carotinoide bleiben im Trester, den Pressrückständen, zurück und stellen somit noch eine erhebliche Quelle wertvoller Carotinoide dar.

Zurzeit werden alternative Verfahrenstechniken geprüft, mit denen das Lycopin aus dem Trester herausgelöst werden kann. Es bietet sich die Hochdruckextraktion oder die Nachbearbeitung des Trester mit der Sonotrontechnik an, wie dies kürzlich von Ludwig et al. (2003) für Carotinoide aus dem Trester von herkömmlichen Karotten berichtet wurde.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Seit kurzem befindet sich auf dem Markt die lycopinreiche Karotensorte Nutri-Red, die durch Züchtung aus der japanischen Lycopinkarotte Kintoki und einer β -carotinhalten Sorte hervorgeht. Die hier untersuchte Lycopinkarotte enthielt ca. 72 mg Lycopin und ca. 28 mg β -Carotin pro kg Rohware und vereinigt somit vorteilhaft beide Hauptcarotinoide, denen protektive Wirkung bei einer Vielzahl von Krankheiten zugeschrieben wird. Der Lycopingehalt entspricht dem vollausgereifter Tomaten, übertrifft die Tomate jedoch im β -Carotingehalt. Nach mehreren Jahren Entwicklungsarbeit konnte aus der Lycopinkarotte ein Saft auf den Markt gebracht werden, der wie in der Rohware die gesundheitsrelevanten Carotinoide anteilig enthält. Die Säfte wurden zunächst im Großversuch mit den konventionellen Verfahren aus blanchierter Tiefkühlware hergestellt, wobei ca. 57 mg Lycopin pro Liter Saft erzielt wurden. In einem Laborversuch mit je 4 kg gelagerter Tiefkühlware ist der Einfluss verschiedener zellwandrelevanter Enzyme und Enzymgemische auf die Lycopinanreicherung im Saft untersucht worden. Eine Steigerung der Lycopin ausbeute um ca. 50 % wurde mit einem Enzymgemisch aus Pektinase, Cellulase, Cellobiase und Pektinlyase erzielt. In einem technischen Großversuch mit einer Tonne Rohware wurde unter Einsatz mechanischer Zerkleinerungsverfahren wie Hammermühle und Suprator die Lycopin ausbeute ohne Enzymeinsatz auf ca. 60 mg/l Saft gesteigert. Ein weiterer Aufschluss des lycopinreichen Tresters durch Enzyme brachte kaum Vorteile. Der Saft aus Trester enthielt lediglich ca. 7 mg Lycopin/l.

6. DANKSAGUNG

Für die Unterstützung bedanken sich die Autoren bei dem Bundesministerium für Forschung und Bildung. Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen des Leitprojektes „Verbesserung der gesundheitlichen Qualität von Lebensmitteln durch Erhöhung und Modifikation des Carotinoid-Gehaltes“ durchgeführt.

(Förderkennzeichen 0312248 A und 0312248 L)

7. LITERATUR

- Agarwal, S., Rao, A.V.: Tomato Lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ* 163 (2000), 739-744
- Agarwal, A., Shen, H., Agarwal, S., Rao, A.V.: Lycopene content of tomato products: Its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties. *J. Med. Food* 4 (2001), 9-15
- Böhm, V., Bitsch, R.: Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. *Eur. J. Nutr.* 38 (1999), 118-125
- Böhm, V., Puspitasari-Nienaber, N.L., Ferruzzi, M.G., Schwartz, S.J.: Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin. *J. Agric. Food Chem* 50 (2002), 221-226
- Böhm, V., Tiemeni, B., Ott, K.: Tomatentrester – ein lycopinhaltiger Wertstoff? *FLÜSSIGES OBST* 9 (2003), 522-525
- Fuhrman, B., Ben-Yaish, L., Attias, J., Hayek, T., Aviram, M.: Tomato lycopene and β -carotene inhibit low density lipoprotein oxidation and this effect depends on the lipoprotein vitamin E content. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 7 (1997), 433-443
- Gartner, C., Stahl, W., Sies, H.: Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am. J. Clin. Nutr.* 66 (1997), 116-122
- Giovannucci, E.: Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: Review of the epidemiological literature. *J. Natl. Cancer Inst.* 91 (1999), 317-327
- Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E.B., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Willett, W.C.: Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 87 (1995), 1767-1776
- Grünwald, J., Jänicke, C., Freder, J.: Lycopin – ein Carotinoid gegen Zivilisationskrankheiten? *Deutsche Apothekerzeitung* 8 (2002), 856-869
- Heber, D., Lu, Q.: Overview of mechanisms of action of lycopene. *Exp. Biol. Med.* 227 (2002), 920-932
- Heinrich, U., Gartner, C., Wiebusch, M., Eichler, O., Sies, H., Tronnier, H., Stahl, W.: Supplementation with β -carotene or α similar amount of mixed carotenoids protects humans from UV-induced erythema. *J. Nutr.* 133 (2003), 98-101
- Klipstein-Grobusch, K., Launer, L.J., Geleijnse, J.M., Boering, H., Hofman, A., Witteman, J.C.M.: Serum carotenoids and atherosclerosis. The Rotterdam Study. *Atherosclerosis* 148 (2000), 49-56
- Ludwig, M., Schöpplein, E., Kürbel, P., Dietrich, H., Dietrich, P.: Erhöhung des Carotinoidtransfers Zweistufiger Zellaufschluss bei Möhren Getränkeindustrie 10 (2003), 28-32
- Michaud, D.S., Feskanich, D., Rimm, E.B., Colditz, G.A., Speizer, F.E., Willett, W.C., Giovannucci, E.: Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. *Am. J. Clin. Nutr.* 72 (2000), 990-997
- Nguyen, M.L., Schwartz, S.J.: Lycopene: Chemical and biological properties. *Foodtechnology* 53 (1999), 38-45
- Peto, R., Doll, R., Buckley, J. D., Sporn, M. B.: Can beta-carotene material reduce human cancer rates? *Nature* 290 (1981), 201-208
- Reith, P.: Carotinoide und Tocopherole in ausgewählten Kultursorten der Tomate Zulassungsarbeit für das höhere Lehramt. Botanisches Institut 2, Universität Karlsruhe (1995), 1-112
- Schmitt, A.: Veränderung von Carotinoiden bei der thermischen Behandlung von Karotten. Zulassungsarbeit für das höhere Lehramt. Botanisches Institut 2, Universität Karlsruhe (2002), 1-151
- Sharoni, Y., Levy, J.: Lycopene, the major tomato carotenoid, inhibits endometrial and lung cancer cell growth. XVI International Cancer Congress (1994), 641-645
- Stahl, W., Sies, H.: Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans. *J. Nutr.* 122 (1992), 2161-2166
- Stahl, W., Sies, H.: Carotenoids and protection against solar UV Radiation. *Skin Pharmacol. Appl. Skin Physiol.* 15 (2002), 291-296

AUTOREN:

Prof. Dr. Manfred Tevini, Professor für Pflanzenphysiologie, Universität Karlsruhe, Botanik II, Heiko Delong, Technischer Assistent, Ernst Heene, Technischer Assistent
 Andreas Schmitt, Lehramt für Biologie und Chemie, Universität Karlsruhe Botanik II
 Uwe Freisler, Betriebsleiter, Fruchtsaft Bayer GmbH & Co. KG
 Jochen Bayer, Geschäftsführender Gesellschafter, Fruchtsaft Bayer GmbH & Co. KG
 71254 Ditzingen-Heimerdingen, www.fruchtsaft-bayer.de

www.fluessiges-obst.de