



**Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche
Qualität von industriell hergestellten Karottensäften
aus ökologisch erzeugten Karotten**

Erstellt von:

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel
Institut für Verfahrenstechnik
Haid-und-Neu-Strasse 9, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 6625-345, Fax: +49 721 6625-303
E-Mail: esther.mayer-miebach@bfe.uni-karlsruhe.de
Internet: <http://www.bfel.de>

Gefördert vom Bundesministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche Qualität von industriell hergestellten Möhrensäften aus ökologisch erzeugten Möhren - 02OE205

Abschlussbericht

zum Themenbereich/Projekttitle: Verarbeitung ökologisch erzeugter Produkte/
Qualitätsanforderungen und -verbesserungen - Nr. F.7.1

Projektlaufzeit: 01.10.2002 - 29.02.2004

Berichtszeitraum: 01.10.2002 - 29.02.2004



Ausführende Stelle/ Zuwendungsempfängerin:

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), Standort
Karlsruhe, Institut für Verfahrenstechnik (IVT), Dipl.-Ing. Volker Gräf,
Dr. rer. nat. Esther Mayer-Miebach, Dr.-Ing. Heike P. Schuchmann

Projektpartner/ Unterauftragnehmer:

Fruchtsaft Bayer & Co., Ditzingen

Haus Rabenhorst, Unkel

Grieshaber Biolandhof, Ditzingen

Prof. em. Dr. Manfred Tevini, Botanisches Institut II, Universität Karlsruhe

1 Ziele und Aufgabenstellung des Projekts, Darstellung des mit der Fragestellung verbundenen Entscheidungshilfe-/ Beratungsbedarfs im BMVEL

Ziel der Arbeiten des Instituts für Verfahrenstechnik (IVT) der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL) am Standort Karlsruhe ist es u.a., die ernährungsphysiologische Qualität von Gemüse- und Obstprodukten und deren gesundheitsfördernden Wert über die gezielte Modifizierung gängiger Verarbeitungsverfahren zu sichern und zu steigern. Auf die agrarischen Rohwaren abgestimmte, angepasste Verarbeitungsverfahren sind daher Gegenstand verschiedener IVT-Forschungsprojekte. So war das wissenschaftliche und technische Arbeitsziel des vorgestellten Projektes die verfahrenstechnische Anpassung der Saftherstellung aus Bio-Möhren anhand eines gezielten Einsatzes von zellwand- und -gewebemodifizierenden Enzymen.

Eine Verfahrensanpassung ist insbesondere bei Bio-Gemüse und -Obst sinnvoll. Der im Ökologischen Landbau u.a. vorgeschriebene Verzicht auf umfassende Nährstoffversorgung, Pflanzenschutzmittel und Bewässerung (Verordnung (EWG) Nr. 2092/ 91) führt bei Bio-Gemüse im Vergleich zum konventionell erzeugten u.a. zu höheren Trockenmassegehalten, die auf veränderte Gewebestrukturen und Zellwanddicken hinweisen und mit einer festeren Textur sowie einem niedrigeren Wassergehalt einhergehen. Für die gewerbliche/industrielle Herstellung von Säften aus Bio-Gemüse bedeutet dies, dass von niedrigeren Saftausbeuten auszugehen und bei Nutzung gängiger Produktionsverfahren ohne Verfahrensanpassung mit wirtschaftlichen Verlusten zu rechnen ist. Die Steigerung der Wirtschaftlichkeit eines solchen Verfahrens über die Steigerung der Saftausbeute ist Gegenstand des Forschungsprojektes, das damit das aktuelle politische Ziel, den Anteil ökologisch bewirtschafteter Agrarflächen bis 2010 auf 20 % anzuheben und den Marktanteil ökologischer Erzeugnisse mit dieser Maßnahme deutlich zu erhöhen, unterstützt. Der Absatz ökologischer Erzeugnisse wird sich nach Prognosen von Marktexperten durch die Ausdehnung des Angebotes an verarbeiteten und damit haltbaren Bio-Produkten erheblich steigern lassen. Das vorgestellte Forschungsprojekt leistet einen unmittelbaren Beitrag zur Erhöhung des Marktanteils ökologisch erzeugter Produkte.

Angepasste Verarbeitungsmethoden, die pflanzliches Zellgewebe während der Gemüsesaftherstellung destintegrieren, führen darüber hinaus auch zur verbesserten Freisetzung bioaktiver, gesundheitsfördernder Inhaltsstoffe aus der Gemüsematrix, was letztlich die Bioverfügbarkeit dieser Stoffe erhöhen sollte. Die Einführung einer bisher noch nicht kommerziell genutzten Möhrensorte (*Daucus carota* L. var. *Nutri Red*), die neben β -Carotin das in hohem Maße gesundheitsfördernde Carotinoid Lycopin enthält und damit besondere ernährungsphysiologische Bedeutung besitzt, sollte ebenfalls unterstützt werden. In Kooperation mit gewerblichen Herstellern von Bio-Gemüse- und -Obstsäften wurde daher ein Möhrensaftprototyp mit hohen

Lycopin- und β -Carotingehalten und damit hoher ernährungsphysiologischer Qualität entwickelt und im Hinblick auf seine Marktfähigkeit getestet.

Die Ergebnisse des Projektes liefern damit Haupt- und Nebenbeiträge zu den Hauptaufgaben des BMVEL "Sicherung und Verbesserung der Produkt- und Prozessqualität bei Lebensmitteln" (2.2 und 2.3) "Gesunde Ernährung" (3.5) und "Schwerpunkt: Ökologische Aspekte der Nachhaltigkeit" (5.2, 5.3), die im aktuellen Forschungsplan erfasst sind und tragen damit zum Entscheidungshilfe-/Beratungsbedarf des BMVEL bei.

1.1 Planung und Ablauf des Projektes

Der bis zum Ende der Projektlaufzeit am 29.2.2004 in allen Punkten abgeschlossene Arbeitsplan beinhaltete die nachfolgend aufgeführten Schritte, die in Form eines Balkenplanes mit ausgewiesenen Meilensteinen detailliert dargestellt sind (Anhang 1):

- Ökologischer Anbau lycopinreicher Möhren gemäß Verordnung (EWG) Nr. 2092/91
- Bestimmung von Carotinoidgehalt und Saftausbeute aus Bio-Möhren bei Anwendung gängiger gewerblicher/industrieller Verarbeitungsverfahren zur Herstellung von Gemüsesaft-Halbfabrikaten - *status quo*
- Steigerung von Carotinoidgehalt und Saftausbeute durch Enzymanwendung im Labor- und Produktionsmaßstab
- Produktentwicklung aus Halbfabrikaten (Möhrensaftprototyp zur Marktprüfung)

1.1.1 Projektablauf - Erfüllung der Meilensteine (M)

- M1 Während der Projektlaufzeit (2002, 2003) wurden lycopinreiche Möhren der Sorte *Nutri-Red* im Auftrag des Projektes vom Biolandhof Grieshaber als einem der Vertragsanbauer des Projektpartners Fruchtsaft Bayer & Co. ökologisch erzeugt. Wichtige Anbaudaten (z.B. Boden, Düngung, morphologische Parameter) wurden dokumentiert (Anhang 2, 3).
- M2 Zunächst war zu klären, ob lycopinreiche Bio-Möhren für die herkömmliche gewerbliche/industrielle Safftherstellung grundsätzlich geeignet sind. Hierzu wurden aus allen Stufen des Verarbeitungsprozesses Proben entnommen und im Hinblick auf wertgebende Inhaltsstoffe analysiert.
- M3/4 Parallel dazu wurde die Anwendung von zellwand- und -gewebemodifizierenden Enzymen zur Safftherstellung im Rahmen von Laboruntersuchungen geprüft. Unter definierten Bedingungen variiert wurden Enzymart, -menge und -kombinationen sowie Behandlungstemperaturen und -dauern; geprüft wurden weiter die sensorischen Eigenschaften (Farbe, Geruch, Geschmack) der erzeugten Laborsäfte.

Analysiert wurden u.a. die Gehalte von Gesamtcarotinoiden und -phenolen sowie der Carotinoide Lycopin, β -Carotin, Phytoen und Phytofluen; als Maß für die gesundheitsfördernde Wirkung wurde das TROLOX-äquivalente antioxidative Potenzial der Extrakte von wasser- und fettlöslichen Inhaltsstoffen (Polyphenol- und Carotinoidextrakte) aus Versuchsproben bestimmt.

M5 Im Labormaßstab ermittelte günstige Prozeßbedingungen für die Enzymanwendung wurden im Rahmen eines Versuches im Pilotmaßstab im Betrieb des Projektpartners Fruchtsaft Bayer & Co. verifiziert.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Ein hoher Gemüseverzehr kann vor degenerativen Erkrankungen (u.a. Herz/Kreislauf, Krebs) schützen, wie zahlreiche epidemiologische Studien zeigen (Steinmetz et al., 1996). Ein breites Spektrum an antioxidativ wirksamen, pflanzenspezifischen Inhaltsstoffen u.a. aus den Substanzklassen der Carotinoide und Polyphenole bewirkt diesen Gesundheitsschutz (Eichholzer et al., 1996). So wird insbesondere der Verzehr lycopinreicher Lebensmittel aufgrund der antioxidativen, immunmodulatorischen und die Zell-Zell-Kommunikation induzierenden Eigenschaften dieses Carotinoids mit gesundheitsfördernden Wirkungen korreliert (Giovannucci et al., 1999, Stahl et al., 2001, Aust et al., 2003). Tomaten sind heute die Hauptquelle für die Lycopinaufnahme aus der Nahrung. Eine aus Japan stammende, auf dem europäischen Markt bislang noch nicht eingeführte lycopinreiche Möhrensorte (*Daucus carota* L. var. *Nutri Red*) weist einen Lycopinanteil am Gesamtcarotinoidgehalt von 40 - 55 % auf und enthält daneben zusätzlich ca. 25 % des Hauptcarotinoids handelsüblicher Möhren, dem β -Carotin. Wird Lycopin zusammen mit anderen Carotinoiden verzehrt, führt dies nach heutigen Erkenntnissen nicht nur zu additiven, sondern zu synergistischen Gesundheitseffekten. Möhren der Sorte *Nutri Red* enthalten neben Lycopin und β -Carotin auch deren Biosynthesestufen Phytoen und Phytofluen, denen ebenfalls eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird (Paetau et al., 1998, Boileau et al., 2003).

Bioaktive Pflanzenstoffe werden nach heutigen Erkenntnissen im Zusammenhang mit der Reifung, in erster Linie jedoch als Reaktion auf äußeren Stress gebildet (Schlee, 1992, Ebata et al., 1993, Brandt et al., 2001, Ren et al., 2001, Heaton, 2002). Der im Ökologischen Landbau u.a. vorgeschriebene Verzicht auf umfassende Nährstoffversorgung, Pflanzenschutzmittel und Bewässerung (Verordnung (EWG) Nr. 2092/91) bewirkt, dass Bio-Gemüse und -Obst in der Regel vermehrt bioaktive Pflanzenstoffe und mehr Trockenmasse enthalten (Sorensen et al., 1996, Mozafar, 1996, Reddy et al., 1995, Rembalkowska, 1991). Wie oben dargestellt sind höhere Trockenmassegehalte u.a. auf veränderte Gewebestrukturen und Zellwanddicken zurückzuführen und gehen mit einer festeren Textur einher. Daher sollte Bio-Gemüse

zur Herstellung von Trocken- und Tiefkühlprodukten besser geeignet sein, als konventionelle Erzeugnisse.

Dagegen ist bei der Safftherstellung mit geringeren Saftausbeuten zu rechnen. Zellstrukturmodifizierende Enzyme steigern in Kombination mit thermischen Verarbeitungsverfahren bei konventionell erzeugtem Gemüse die erzielbaren Saftmengen nachhaltig, d.h. auch bei niedrigem Energieeinsatz (Celmer, 1968, Schmitt, 1981, Dikansky, 1986, Schmitt, 1988, Leo et al., 1991, Massiot et al., 1992, Sims et al., 1993, Furui et al., 1995, Tsu et al., 1995, Borowska et al., 2000, Demir et al., 2001, Kim et al., 2001, Suzuki et al., 2002).

Speziell zum Enzymeinsatz bei der Safftherstellung aus Bio-Rohwaren sind aus der aktuellen Literatur einerseits keine Daten verfügbar, andererseits sind die für konventionelle Rohware beschriebenen Verfahren wegen der zu erwartenden anbauspezifischen Struktur- und Texturunterschiede ebenso, wie wegen der gemäß Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 eingeschränkten Nutzung von Enzymen nicht einfach übertragbar.

Auch die gesundheitsfördernden Eigenschaften der Säfte lassen sich über den thermisch/enzymatischen Aufschluss der u.a. aus Pektin und Zellulose bestehenden pflanzlichen Zellgewebe steigern, da bioaktive Gemüseinhaltsstoffe nach dem Abpressen der flüssigen Phase nicht mehr fast ausschließlich im Pressgut (Trester) verbleiben sondern sich verstärkt im Saft anreichern (Katsaboxakis, 1984, Bao et al., 1994a und b, Préstamo et al., 1998) und damit voraussichtlich auch verstärkt bioverfügbar werden (Stahl et al., 1992, Gärtner et al., 1997, Gronowska-Senger et al., 1997). Thermische Prozesse führen ebenso wie die Enzymbehandlung zur Desintegration des pflanzlichen Gewebes. Eine zweistufige Enzymierung von Apfel- und Traubenmaische mit Pektinasen in Kombination mit Zellulasen führt zu Säften mit wesentlich höheren Gesamtphenolgehalten und TEAC-Werten, als durch den alleinigen Einsatz von Pektinase erreicht wird (Sembries et al., 2004).

2 Material und Methoden

2.1 Ökologischer Anbau

Die als Versuchsgut verwendete lycopinreiche Möhrensorte vom Imperatorotyp - *Daucus carota* L. var. *Nutri Red* - wurde in ungebeizter Form bezogen (Seminis Vegetable Seeds, Neustadt) und entsprechend den Richtlinien der Verordnung (EWG) 2092/91 vom Biolandhof Grieshaber, einem der Vertragsanbauer des Projektpartners Fruchtsaft Bayer & Co., als Unterauftragnehmer ökologisch erzeugt. Im ersten Anbaujahr 2002 wurde zum Vergleich die Standardsorte *Rothild* angebaut, die kein Lycopin, jedoch β -Carotin und α -Carotin bildet. Ein Bioland-Zertifikat des Anbauers liegt vor; die Anbaudaten wurden vom früheren Leiter des Botanischen Institutes (Botanik II) der Universität Karlsruhe, Herrn Prof. em. Tevini, im Rahmen einer Beratertätigkeit dokumentiert (Anhang 2, 3).

In beiden Anbaujahren wurden vergleichbare Böden und identische Anbaumethoden, u.a. Fruchtfolgen zur Vorbereitung der Düngung, genutzt. Auf Pflanzenschutz gegen Schädlinge bei Möhren konnte verzichtet werden, da hierzu unter den gewählten Anbaubedingungen nach Aussagen des Landwirtes in den letzten 15 Jahren keine Notwendigkeit bestand. Neben Carotinoidgehalten wurden wichtige Verarbeitungsparameter für Möhren wie Länge, Gewicht und Durchmesser ermittelt; beprobt wurden die Versuchsfelder an jeweils insgesamt 10 Entnahmestellen.

2.2 Direktsaftherstellung aus Bio-Möhren - *status-quo*

Aus Bio-Möhren beider Erntejahre während der Projektlaufzeit wurde in der Produktionsanlage des Projektpartners Fruchtsaft Bayer & Co. anhand eines heute üblichen thermisch-mechanischen Verarbeitungsverfahrens zur Gemüsesaftherstellung (*status quo*) Saft hergestellt. Die Möhren wurden hierzu unmittelbar nach der Ernte gewaschen, dampfgeschält, blanchiert (T_{Kern} ca. 55 °C), in einer Hammermühle zerkleinert (Maische) und im Röhrenerhitzer bei 70 - 75 °C für ca. 5 min erhitzt. Der flüssige Maischeanteil wurde mittels Dekanter abgetrennt, filtriert und entweder direkt pasteurisiert (Direktsaft) oder zuvor konzentriert (Saftkonzentrat). Der abgetrennte Feststoffanteil (Trester) fällt als Verarbeitungsrückstand an.

2.3 Enzymanwendung zur Saftherstellung

Untersucht wurde die Wirkung einer Zellulase (Rohament CL, AB Enzymes, Darmstadt), einer Pektinase (Rohapect PTE, AB Enzymes, Darmstadt) sowie einer Kombination beider Enzyme. Beide Präparate wurden nicht aus gentechnisch modifizierten Mikroorganismen hergestellt; ein Zertifikat hierfür liegt vor (Anhang 4).

2.3.1 Labormaßstab

Die Wirkung von Zellulase, Pektinase sowie einer Kombination dieser Enzyme auf die Carotinoidanreicherung im Saft sowie auf die Saftausbeute aus Maischeproben wurde zunächst im Labormaßstab unter exakt definierten Bedingungen untersucht. In einem temperier- und pH-statisierbaren Laborfermenter (Bioreaktor RK 01-15, Steuereinheit FCE 03, FairMenTec, Göttingen) wurden Enzymkonzentration, Inkubationstemperatur und -dauer unter Stickstoffatmosphäre gezielt variiert. Der pH-Wert der Maischeproben lag bei 5,8 und wurde während der Versuchsdauer nicht konstant gehalten. Thermisch behandelte Maischeproben wurden zum einen im Labormaßstab nach dem Modell des gewerblichen/industriellen Prozesses erzeugt, andererseits direkt aus dem Produktionsprozess entnommen. Messungen der Partikelgrößenverteilung ergaben keine wesentlichen Unterschiede zwischen der industriell produzierten und der im Labor hergestellten Maische.

Um eine optimale Durchmischung der Proben zu erzielen, wurden alle Maischeproben 1:1 mit Möhrensaft verdünnt vorgelegt. Unmittelbar nach Ablauf der vorgesehenen Inkubationsdauer wurde die Enzymwirkung durch die Abtrennung des Saftes unterbrochen. Hierzu wurden aus der Maische zunächst jeweils fünf Aliquote à 20 g entnommen; die übrige Maische wurde mit Hilfe einer Tinkturenpresse (HP-2 Edelstahl Ausführung, Firma Schwanke, Neuss) vollständig entsaftet. Die o.g. Aliquote zur Bestimmung der Carotinoidgehalte von Saft und Trester wurden unmittelbar nach der Entnahme durch ein Baumwolltuch filtriert, mit ca. 200 ml Wasser gespült und extrahiert.

2.3.2 Pilotmaßstab

Im Labormaßstab ermittelte Daten zum optimalen Enzymeinsatz wurden im Pilotversuch verifiziert. Aus ca. 2 t Bio-Möhren wurde in der Produktionsanlage des Industriepartners Fruchtsaft Bayer & Co. Möhrenmaische hergestellt (s. 2.2), die in einem Röhrensystem auf 60 °C gekühlt und anschließend mit jeweils 5 g/kg Rohament CL und Rohapect PTE nach einem vom Enzymhersteller empfohlenen Verfahren mit Hilfe einer Kolloidmühle (Supraton, BWS Technologie GmbH, Grevenbroich) kontinuierlich vermischt, in einen Rührtank gepumpt und darin mittels Rührwerk weiterhin absatzweise vermischt wurde. Aus der Maische wurden zur Bestimmung von Carotinoidgehalt und Saftausbeute zeitabhängig Proben entnommen. Nach insgesamt 4,5 h wurde der Versuch beendet; die Maische wurde zur Saftabtrennung dekantiert, der Saft filtriert, sterilisiert und für Untersuchungen zur Entwicklung eines marktfähigen Prototyps durch den Projektpartner Haus Rabenhorst gelagert.

2.4 Entwicklung eines Produktprototyps, Marktanalyse

Der Projektpartner Haus Rabenhorst hat aus dem Saft, der im Rahmen der Erfassung des *status quo* zur Safftherstellung aus Lycopinkarotten im Produktionsmaßstab erzeugt wurde, ein Produktmuster entwickelt. Hierzu wurde der Direktsaft (s. 2.2) mit Acerola-Mark, verzuckertem Topinambursaftkonzentrat und Zitronensäure versetzt; alle Zutaten wurden gemäß der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 hergestellt. Die Marktfähigkeit dieses Bio-Produktmusters - Bio-Lycopin-Möhrensaft - wurde in Reformhäusern, Apotheken sowie im Naturkosthandel erprobt.

2.5 Extraktion und Analytik

Als Maß für die Effektivität der Prozessbedingungen wurden sowohl für die Laborversuche als auch beim Industrieversuch die Verteilung der wasser- und

fettlöslichen wertgebenden Möhreninhaltsstoffe in Maische, Saft und Preßrückstand, jeweils vor und nach der Behandlung, ermittelt.

Alle Karottenproben (Rohware, Maische, Saft, Pressrückstand) wurden zunächst homogenisiert (Mixer B400, Büchi Labortechnik GmbH, Konstanz bzw. Ultra Turrax, IKA Werke GmbH Co. KG, Staufen). Sofern nicht anders angegeben wurden alle verwendeten Chemikalien von Merck KGaA, Darmstadt bezogen.

2.5.1 Carotinoide

Carotinoide wurden wie früher beschrieben extrahiert und analysiert (Mayer-Miebach et al., 2003). Jeweils 20 g Aliquote wurden bis zur vollständigen Entfärbung mit Aceton extrahiert, in Petrolether (Sigma Aldrich, Deisenhofen) aufgenommen (Extrakt der fettlöslichen Inhaltsstoffe: Carotinoidextrakt). Zur Bestimmung der Gesamtcarotinoidgehalte wurde dieser Extrakt spektralphotometrisch analysiert (Lambda 40, Perkin Elmer Life Sciences GmbH, Rodgau-Jügesheim) (Britton et al. 1995), im Vakuum bis zur Trockene eingeengt, mit Stickstoff überschichtet, bei -86 °C zwischengelagert. Lycopin-, β -Carotin-, Phytoen- und Phytofluen wurden mittels HPLC (Hochdruckflüssigchromatographie, Waters Scientific, Massachusetts, USA) an einer C-30-Phase von Begleitstoffen getrennt; hierzu wurden alle Extrakte in einer Mischung aus THF (Tetrahydrofuran) und 0,1 % BHT (Butylhydroxytoluol) gelöst. Verwendet wurde ein linearer Gradient aus MTBE (t-Butylmethyläther) in Methanol (Start/End-Phase: 81 % Methanol, 15 % MTBE, 4 % Wasser/4 % Methanol, 92 % MTBE, 4 % Wasser; 90 min, 27 °C) (Emenhiser et al., 1995). Lycopin und β -Carotin wurden über Standardsubstanzen (all-*trans*-Isomere; Lycopin: BASF AG, Ludwigshafen; β -Carotin: Roth GmbH, Karlsruhe) quantifiziert. Alle Isomere wurden anhand von Retentionszeiten und UV/VIS-Spektren identifiziert (Schierle et al., 1997, Stahl, 1995) und massenspektrometrisch (HPLC-MS, Agilent Technologies, Böblingen) von möglichen Oxidationsprodukten unterschieden. Alle Experimente wurden weitgehend unter Lichtausschluss durchgeführt, um photoinduzierte Isomerisierung und Abbau zu vermeiden.

2.5.2 Gesamtphenolgehalte

Jeweils 10 g Aliquote wurden dreifach mit Methanol homogenisiert, filtriert und nach Volumeneinstellung quantifiziert (Extrakt der wasserlöslichen Inhaltsstoffe: Polyphenolextrakt). Zur Bestimmung der Gesamtphenolgehalte wurde ein Testverfahren nach Hoff et al. (1977) eingesetzt, mit dem grundsätzlich alle phenolhaltigen Komponenten im methanolischen Extrakt erfasst werden. Neben Polyphenolen sind dies auch die Aminosäuren Tyrosin, Phenylalanin und Tryptophan. Als Standardsubstanz zur Quantifizierung wurde Gallussäure verwendet (Gallussäure-Aquivalente).

2.5.3 TROLOX-äquivalente antioxidative Kapazität

Die antioxidative Kapazität der fett- bzw. wasserlöslichen Extrakte (2.5.1, 2.5.2) wurde nach Pellegrini et al. (2001) bestimmt. Zur Quantifizierung wurde (\pm)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetra-methyl-chroman-2-carbonsäure (TROLOX) (Fluka GmbH, CH-Buchs) verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Ökologischer Möhrenanbau

Der Anteil an Möhren mit mehreren Seitenwurzeln war bei der aus Japan stammenden lycopinreichen Möhrensorte *Nutri Red* mit 14,5 % im zweiten Anbaujahr relativ hoch.

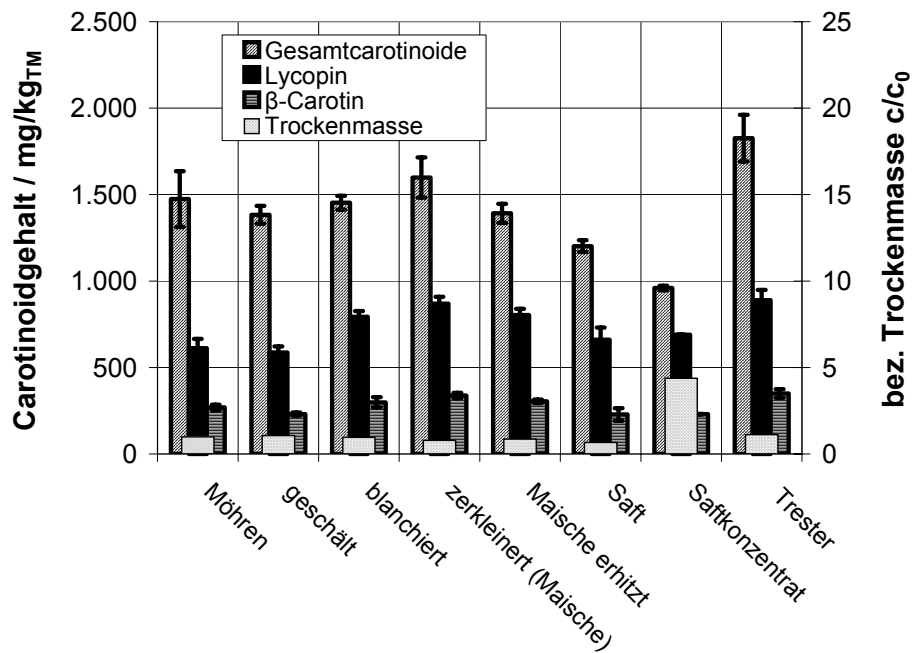
Gleichzeitig war bei *Nutri Red* mit jeweils über 25 % ein hoher Anteil an geplatzten Möhren zu beobachten. Die Erträge lagen im Vergleich zur Standardsorte *Rothild* um 20 % niedriger. Dies zeigt, dass diese Möhrensorte noch nicht optimal an das hiesige Klima angepasst ist. Bei gewerblicher/industrieller Nutzung sind hier Maßnahmen im Bereich der Züchtung unabdingbar. Große Unterschiede bei Erntegewicht und Trockenmasse der Sorte *Nutri Red* im Vergleich der Anbaujahre 2002 und 2003 sind dagegen voraussichtlich auf eine extreme Trockenperiode während des Sommers 2003 zurückzuführen.

Im Anbaujahr 2002 enthielten frische Möhren im Mittel 180 mg Carotinoide je kg Frischmasse ($\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$), davon 115 $\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$ Lycopin mit einem *cis*-Isomeren-Anteil von ca. 12 % und 45 $\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$ β -Carotin (ca. 9 % *cis*-Isomere). Im Vergleich zu lycopinreichen Möhren enthielt die Standardsorte *Rothild* ca. 165 $\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$ an Gesamtcarotinoiden, davon etwa 105 $\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$ β -Carotin und ca. 45 $\text{mg}/\text{kg}_{\text{FM}}$ α -Carotin.

3.1.2 Direktsaftherstellung aus Bio-Möhren - *status-quo*

Carotinoide bleiben während der Saftherstellung, nach Standardverfahren, weitgehend erhalten (Abb. 1). Betrachtet man die auf die Trockenmasse (TM) bezogenen Carotinoidgehalte, finden sich ca. 80 % der Gesamtcarotinoide der unbehandelten Möhren im Saft, während der Gehalt im Pressrückstand (Trester) ca. 20 % höher liegt als in der Rohware. Daraus ist zu entnehmen, dass Carotinoide im Trester aufkonzentriert werden. Dagegen steigen die Lycopingehalte infolge der

thermischen Verarbeitungsschritte (Blanchieren und Maischeerhitzung) gegenüber



dem Gehalt in der Rohware um etwa 30 % an.

Abb. 1: Carotinoidgehalte nach einzelnen Verarbeitungsstufen der gewerblichen/industriellen Möhrensafterstellung.

Die thermische Behandlung modifiziert pflanzliches Zellgewebe und schließt damit die Möhrenmatrix so auf, dass die innerhalb von Chromoplasten in der Zellwand lokalisierten Carotinoide, insbesondere Lycopin, verstärkt verfügbar werden. Ob mit diesem Effekt gleichzeitig eine höhere Bioverfügbarkeit einhergeht, wird zur Zeit in Humanstudien des Institutes für Ernährungsphysiologie der BFEL am Standort Karlsruhe ermittelt.

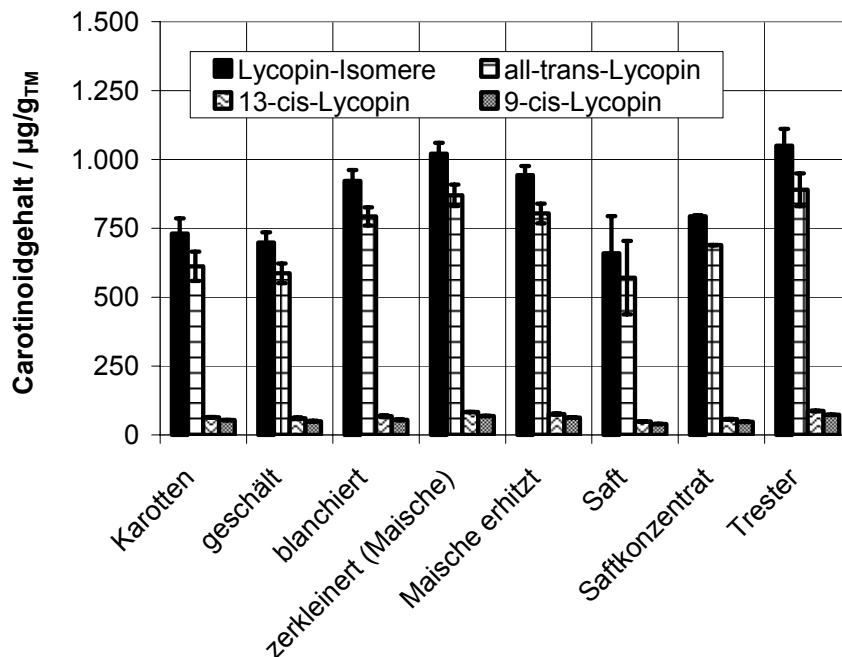


Abb. 2: Einfluss der Verarbeitung auf die Isomerisierung des Lycopins
 β -Carotingehalte bleiben im Verlauf der Safftherstellung weitgehend unverändert; *cis*-Isomere des Lycopins entstehen nicht (Abb. 2). Im Vergleich zu frischen und unbehandelten Möhren reichern sich die wasserlöslichen Polyphenole im Saft um den Faktor 2,8 an (Abb. 3).

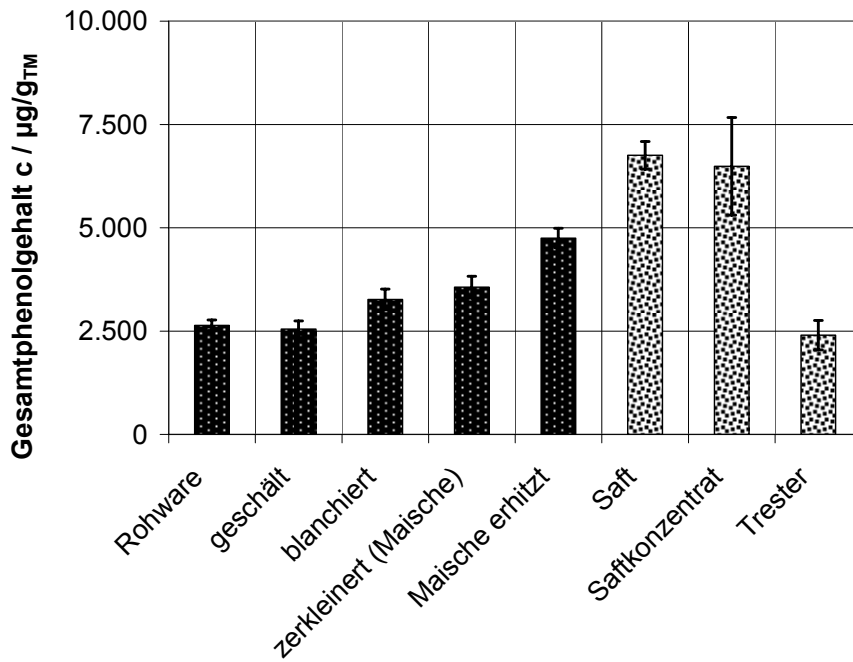


Abb. 3: Entwicklung der Gesamtphenolgehalte im Verlauf der Safftherstellung

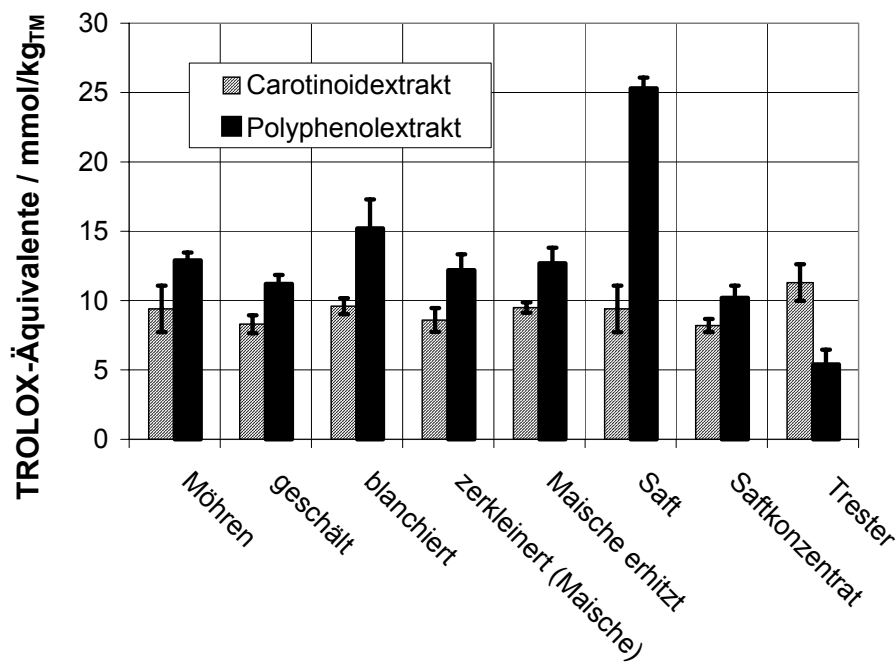


Abb. 4: TROLOX-äquivalente, antioxidative Kapazität nach einzelnen Verarbeitungsstufen der gewerblichen/ industriellen Möhrensafterstellung. Gleichzeitig verdoppelt sich die TROLOX-äquivalente antioxidative Kapazität des wässrigen Möhrensaftanteils (Abb. 4). Die antioxidative Kapazität der fettlöslichen Möhreninhaltsstoffe, zu der die Carotinoide beitragen, bleibt hingegen während des gesamten Verarbeitungsprozesses konstant. Lediglich während der Herstellung von Saftkonzentrat werden Carotinoide destabilisiert: Hier ist der Gesamtcarotinoidgehalt trotz des etwa vierfach höheren Trockenmasseanteils um ca. 20 % geringer als im Direktsaft. Gleichzeitig verringert sich die antioxidative Kapazität des Möhrensaftkonzentrates deutlich.

3.1.3 Enzymanwendung im Labormaßstab

Zellwandmodifizierende Enzyme bauen u.a. das aus den Polysacchariden Zellulose und Pektin aufgebaute Zellwandgerüst ab und tragen so wie auch schon die thermische Behandlung während der Maischeherstellung zum Aufschluss der Möhrenmatrix bei.

Enzymwirkung auf Gesamtcarotinoidgehalte

Die Wirkung von Zellulasen und Pektinasen sowie einer Kombination aus beiden Enzymen auf die Gesamtcarotinoidkonzentration eines aus verdünnter Maische hergestellten Möhrensaftes zeigt Abb. 5.

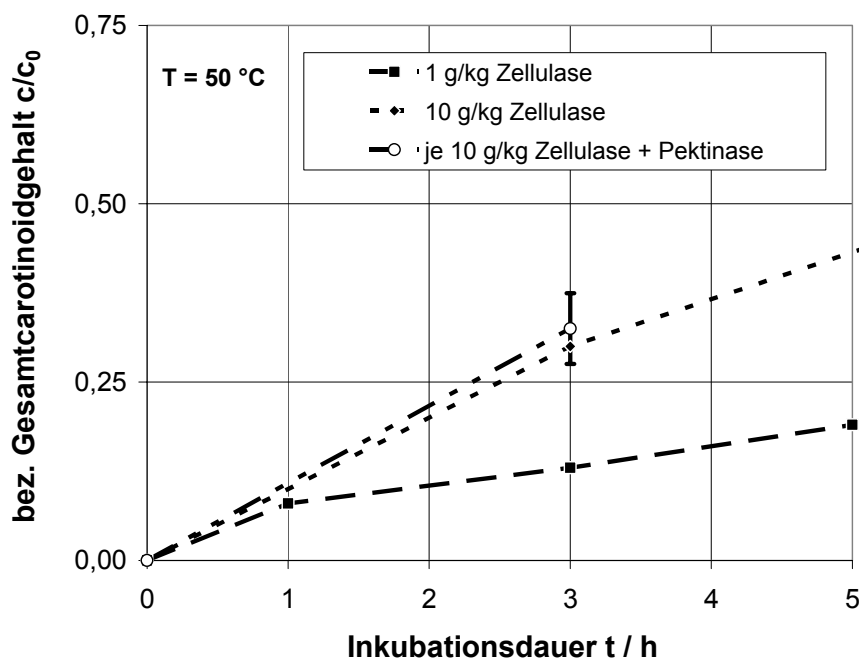


Abb. 5: Einfluss des enzymatischen Zellaufschlusses auf die Änderung des Gesamtcarotinoidgehalts von Möhrensaften (bezogene Daten c/c_0 : die

Gehalte nach Enzymbehandlung sind jeweils auf die Gehalte nach ausschließlich thermischer Behandlung bezogen)

Dargestellt ist die reine Enzymwirkung ohne den zusätzlichen Carotinoideintrag in den Saft von im Mittel 35 %, der aus der thermischen Behandlung resultiert. Hierzu wurden die Carotinoidgehalte der Säfte aus enzymatisch und thermisch behandelter Maische um die Carotinoidgehalte der rein thermisch behandelten Kontrollsäfte korrigiert.

Die vom Hersteller für Zellulase empfohlene Enzymmenge (100 mg je kg Maische) bewirkt nach dreistündiger Behandlungsdauer bei 50 °C keine wesentliche Änderung des Gesamtcarotinoidgehaltes im Saft, wenn die Enzym-Maische-Mischung, ebenfalls der Herstellerempfehlung folgend, diskontinuierlich gerührt wird. 1 g Zellulase je kg Maische erhöht bei sonst gleichen Bedingungen den Gesamtcarotinoidgehalt des Saftes um ca. 10 %. Mit der 100-fachen empfohlenen Zellulasemenge lässt sich der Gesamtcarotinoidgehalt nach ca. 3 h um etwa 30 % anheben. Eine derartige Erhöhung der Enzymmengen würde sich in der Praxis auf die Kosten auswirken. Lange Behandlungsdauern bis zu 8 Stunden steigern den Carotinoidgehalt des Saftes weiter, sind jedoch aus energetischen, insbesondere jedoch aus hygienischen Gründen in der Praxis nicht anwendbar.

Die Kombination der Zellulase mit einer Pektinase führt bei kontinuierlicher Vermischung bereits nach ca. 30 min zu einem um etwa 40 % gesteigerten Carotinoidgehalt des Möhrensafte bzw. zu einer maximalen Steigerung um 50 % nach 2 h. Bei diskontinuierlicher Vermischung erhöht sich der Carotinoidgehalt nach einer Behandlungsdauer von 2 h lediglich um 20 % (Abb. 6).

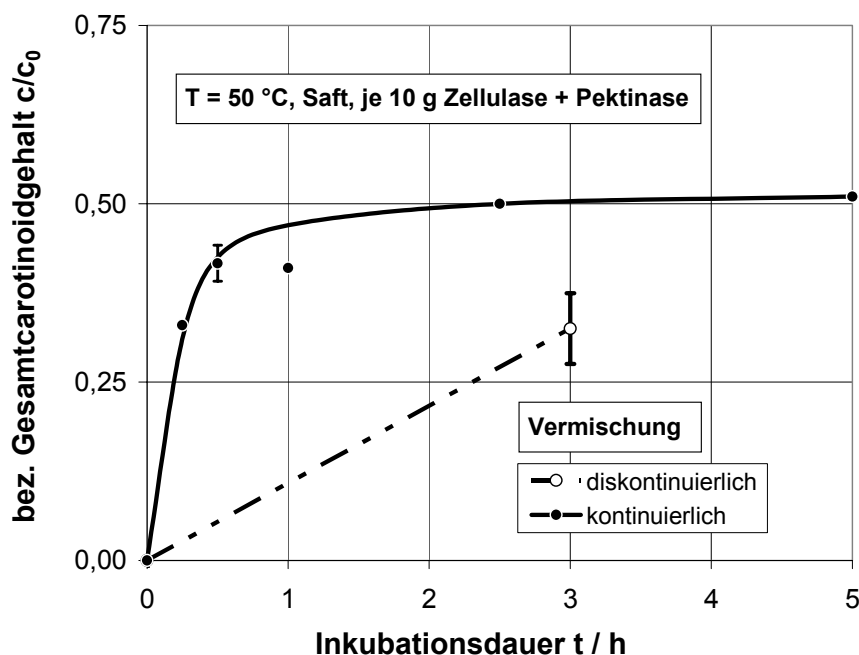


Abb. 6: Einfluss der kontinuierlichen Vermischung von Enzym und Möhrenmaische

Um eine optimale Vermischung zu gewährleisten, wurde die Maische bei allen Versuchen 1:1 mit zuvor hergestelltem Möhrensaft (nicht mit Wasser) verdünnt. So wurde die Qualität des erzeugten Saftes einerseits nicht vermindert, andererseits konnten so wichtige Qualitätskriterien für Gemüsesäfte, wie u.a. sensorischer Eindruck, Trubstabilität und Haltbarkeit beurteilt werden. Der gewählte Verdünnungsfaktor war durch das zur Verfügung stehende Rührwerk determiniert. Bei entsprechender Auslegung eines zur Vermischung von Enzym und Maische verwendeten Rührwerkes lässt sich der Verdünnungsfaktor verringern, was unter den beschriebenen Bedingungen zu einer weiteren Steigerung der Gesamtcarotinoidgehalte über 50 % führen sollte.

Wird die Enzykombination/Maischemischung nicht wie in Abb. 5 dargestellt bei 50 °C, sondern bei 40 °C behandelt, steigt der Carotinoidgehalt nach 2 h ebenfalls um ca. 50 % an. Soll dieser Temperatureffekt in der Praxis genutzt werden, müsste bei Temperaturen um 70 °C behandelte Möhrenmaische zunächst stark abgekühlt und anschließend zur Pasteurisation wiederum auf 95 °C erhitzt werden.

Die alleinige Anwendung des Pektinasepräparates in Konzentrationen von 1 g/kg bis zu 100 g/kg Maische bewirkt mit ca. 10 % lediglich eine geringfügige Anhebung des Carotinoidgehaltes im Saft (Abb. 7). Daher sollten Pektinasen bei Möhren grundsätzlich nur in Kombination mit Zellulasen eingesetzt werden.

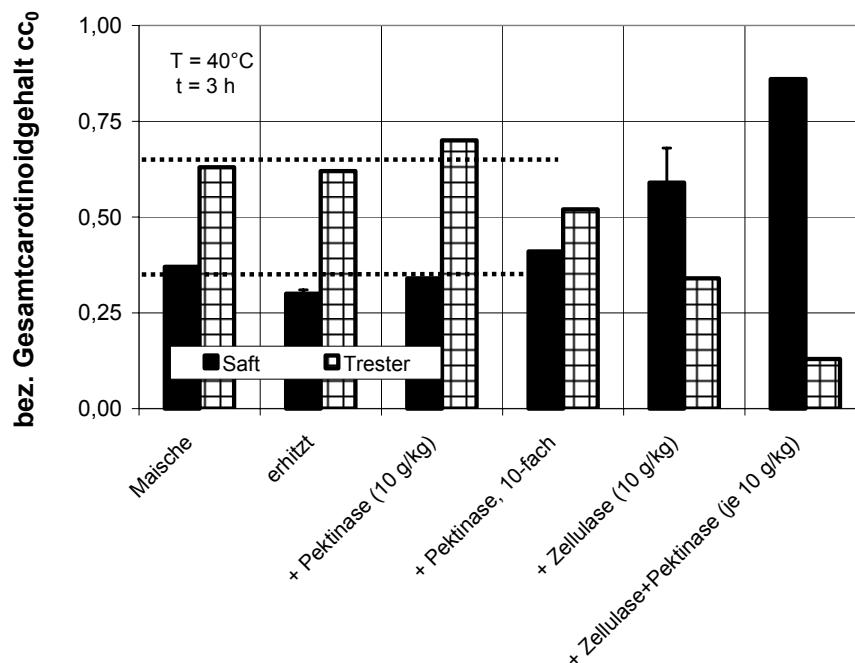


Abb. 7: Einfluss von Zellulasen, Pektinasen sowie einer Kombination der Enzyme auf den Gesamtcarotinoidgehalt von Möhrensaft und -trester

Bei allen Proben zur Bestimmung von Carotinoidgehalten wurden Saft und Trester aus Aliquoten nicht durch Pressen, sondern durch Filtration so getrennt, dass sich

lediglich ein minimaler Filterkuchen bilden konnte. Dies war erforderlich, da Säfte mit partikelgebundenen wertgebenden Pflanzeninhaltsstoffen vom Feststoffanteil abzutrennen waren. Der während des Pressens gebildete Presskuchen wirkt wie ein Tiefenfilter und hält wertgebende Stoffe im Pressrückstand zurück. Dass Carotinoide insbesondere nach enzymatischem Aufschluss der Möhrenmatrix zurückgehalten werden, weist darauf hin, dass diese im Saft partikelgebunden vorliegen. Die Steigerung der Carotinoidgehalte durch Enzymbehandlung ist so voraussichtlich auf die Feinzerkleinerung der Möhrenmatrix und nicht auf eine verbesserte Löslichkeit der Carotinoide zurückzuführen. Dies zeigen auch Partikelgrößenanalysen der erzeugten Säfte (Abb. 8). Für die gewerbliche/industrielle Saftproduktion sollten zur Saftabtrennung daher bevorzugt Dekanter und keine Pressen eingesetzt werden.

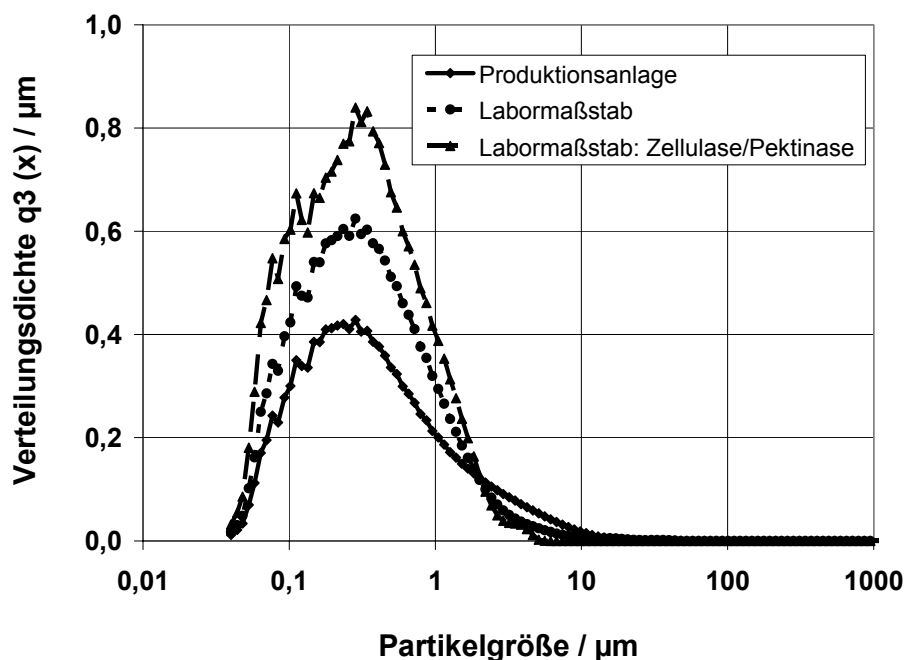


Abb. 8: Partikelgrößenverteilung der erzeugten Möhrensäfte

Während das verwendete Zellulasepräparat die Saftausbeute nicht verändert, lässt sich diese nach Kombination mit einem Pektinasepräparat bei kontinuierlicher Vermischung um etwa 10 % anheben; bei diskontinuierlicher Vermischung ergibt sich eine Anhebung der Saftausbeute um ca. 5 % (Tab 1). Pektinasen führen in der Regel zu einer starken Verflüssigung der Maische und somit zu gesteigerten Saftausbeuten. Höhere Saftausbeuten sollten sich daher bei optimierter Rührwerksleistung und damit verringerter Vorverdünnung erzielen lassen.

Tab. 1: Einfluss von Zellulasen, Pektinasen sowie einer Kombination der Enzyme auf die Saftausbeute (T = 40°C, t = 3 h, 10g/kg Enzym, diskontinuierliches Mischen)

Probe	Saftausbeute / %					
	T = 50°C			T = 40°C		
	kontinuierlich			diskontinuierlich		
	x	s	n	x	s	n
Maische	77	---	---	77	---	---
Maische, erhitzt	79	1,1	2	75	2,9	6
+ Zellulase	n.b.	---	---	73	5,7	4
+ Pektinase	n.b.	---	---	81	---	---
+ Pektinase, 10-fach	n.b.	---	---	82	---	---
+ Zellulase + Pektinase	88	---	---	84	---	---

Enzymwirkung auf die Lycopin-Biosynthesevorstufen Phytoen und Phytofluoren

Bis zu 50 % höhere Phytoen- und Phytofluengehalte lassen sich im Möhrensaft durch die reine Enzymbehandlung der Möhrenmaische bei 50 °C über einen Zeitraum von 5 h erzielen (Abb. 9a, b).

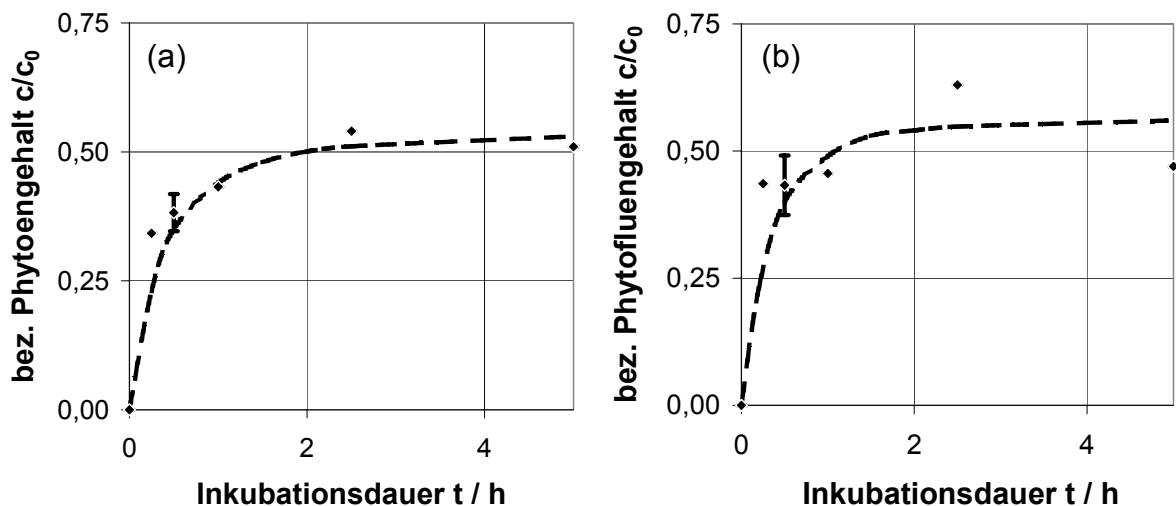


Abb. 9: Einfluss des enzymatischen Zellaufschlusses auf (a) Phytoen- und (b) Phytofluengehaltsänderungen bei Möhrensäften (kontinuierliche Vermischung; T = 50 °C; je 10g/kg Zellulase, Pektinase)

Lycopin-, β -Carotin- und Gesamtcarotinoidgehalte des "Enzmysaftes"

Erzielbare Gesamtcarotinoid-, Lycopin- und β -Carotingehalte je kg Saft zeigt Abb. 10. Unter Verwendung einer 1:1 mit Saft verdünnten Maische lässt sich ein Möhrensaft mit rund 70 mg all-*trans*-Lycopin, über 40 mg all-*trans*- β -Carotin sowie 125 mg Gesamtcarotinoiden je kg herstellen. Bei angepasster Rührwerksleistung und entsprechend geringerer Vorverdünnung können diese Gehalte maximal verdoppelt werden.

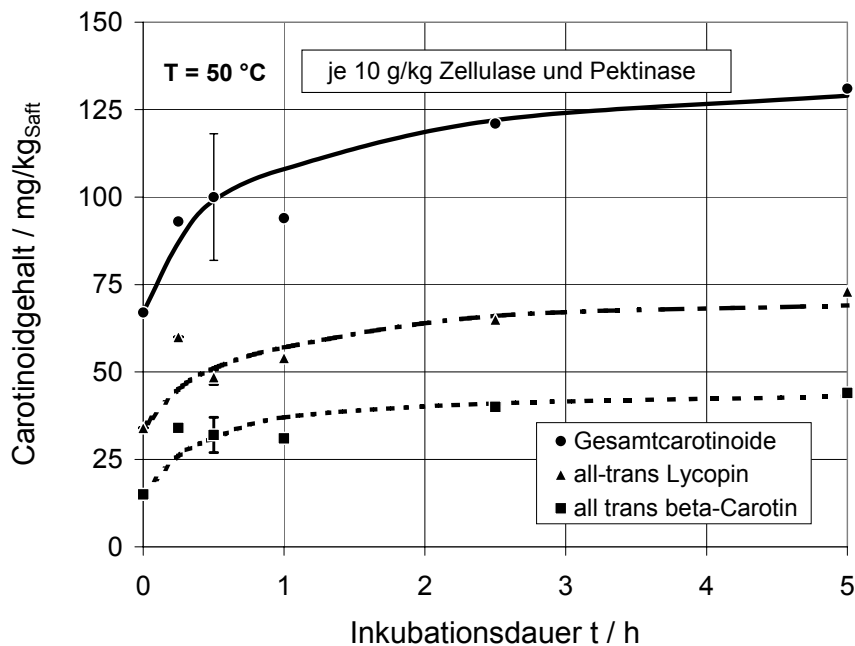


Abb. 10 : all-*trans*-Lycopin-, all-*trans*- β -Carotin-, Gesamtcarotinoidgehalte im Möhrensaft nach Maischebehandlung in Abhängigkeit der Inkubationsdauer (je 10 g/kg Zellulase und Pektinase; 50 °C)

Gesamtphenolgehalte des "Enzmysaftes"

Möhrensäfte aus einer mit jeweils 10 g Zellulase und Pektinase je kg Maische bei 50 °C behandelten Möhrenmaische enthalten nach 5-stündiger Behandlungsdauer 3,8 mmol Gesamtphenole je kg; Kontrollproben ohne Enzymbehandlung enthalten 3,1 mmol/kg.

TROLOX-äquivalente antioxidative Kapazität des "Enzmysaftes"

Die TROLOX-äquivalente antioxidative Kapazität der Extrakte von wasser- bzw. fettlöslichen Inhaltsstoffen des erzeugten Möhrensafte (Polyphenol- bzw. Carotinoidextrakt) verändert sich durch eine Enzymbehandlung nicht. Dagegen steigt der TROLOX-Wert im fettlöslichen Anteil (Carotinoidextrakt) des Pressrückstandes (Trester) von unter 2 mmol/kg bezogen auf die feuchte Masse nach 5-stündiger Enzymbehandlung auf über 5 mmol/kg an (Abb. 11). D.h. die Enzymbehandlung bewirkt einen verbesserten Zellaufschluss aber ein großer Teil der wasserunlöslichen Carotinoide geht nicht in den Saft über, sondern reichert sich im Trester an.

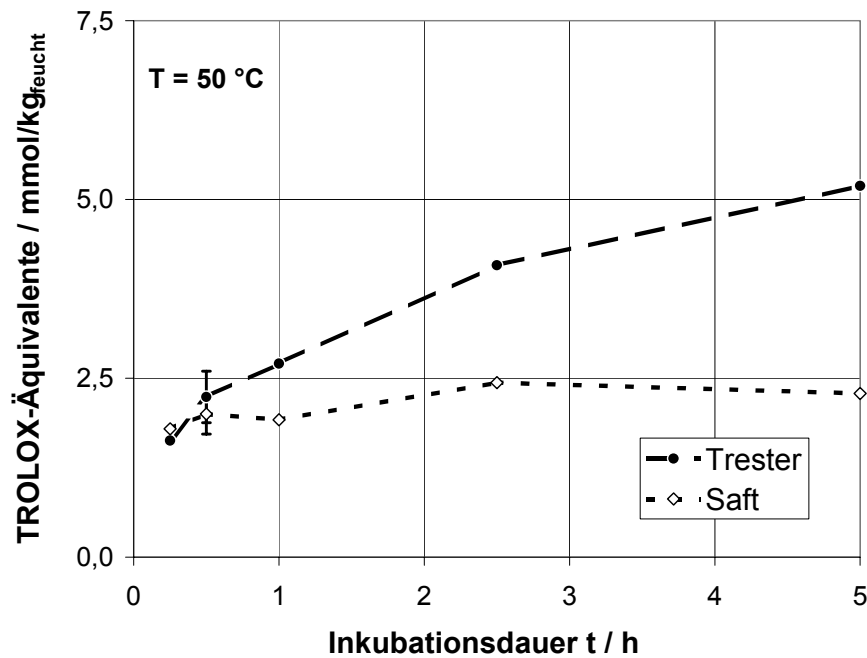


Abb. 11: TROLOX-äquivalente, antioxidative Kapazität der fettlöslichen Inhaltsstoffe (Carotinoide) eines enzymatisch behandelten Möhrensaftes in Abhängigkeit der Inkubationsdauer (je 10 g/kg Zellulase, Pektinase; T = 50 °C)

3.1.4 Enzymanwendung im Produktionsmaßstab (Pilotversuch)

Im Labor ist es möglich unter genau definierten Bedingungen diejenigen Parameter zu optimieren, die zu möglichst hohen Carotinoidgehalten im Möhrensaft sowie zu gesteigerten Saftausbeuten führen. Aus Daten über relevante Einflussparameter, u.a. Art der verwendeten Enzyme, Enzymgehalt, Behandlungstemperatur und -dauer, Grad der Vermischung von Enzympräparat und dem zu behandelnden Agens (Möhrenmaische) lassen sich Verarbeitungsprozesse sehr gezielt gestalten, die dann über eine Verifizierung im Pilotmaßstab auf den Produktionsmaßstab übertragen werden können.

In den Laboruntersuchungen hat sich eine Kombination aus jeweils 10 g Zellulase und 10 g Pektinase pro kg Maische bei einer Inkubationstemperatur von 50 °C und einer Inkubationsdauer bis zu 5 h als optimal erwiesen. Außerdem ist es erforderlich die Möhrenmaische im Hinblick auf eine optimale Vermischung vor der Enzymdosierung mit Möhrensaft zu verdünnen und während der gesamten Inkubationsdauer kontinuierlich zu durchmischen; eine günstige Verdünnungsrate ist auf die zur Vermischung verwendeten Apparate abzustimmen.

Aus logistischen Gründen war es bei dem Pilotversuch nicht möglich die Möhrenmaische vor der Enzymzugabe mit Saft zu verdünnen. Außerdem lag die beim Pilotversuch verwendete Enzymmenge, mit jeweils ca. 5 g Zellulase und Pektinase, pro kg Maische unterhalb der optimalen Enzymmenge. Dies geht auf eine

Entscheidung der Projektpartner (Fruchtsaft Bayer & Co. und Haus Rabenhorst) zurück.

Der Gesamtcarotinoidgehalt des aus 2 t Möhrenmaische nach der Behandlung mit einer Kombination aus Zellulase und Pektinase erzeugten Möhrensaftes blieb im Gegensatz zu den im Labor ermittelten Daten über die gesamte Behandlungsdauer von 4,5 h unverändert. Dagegen werden Carotinoide im Verlauf der Enzymbehandlung im Preßrückstand angereichert. Durch Enzymeinsatz und Temperaturwirkung kommt es damit zum Aufschluß der carotinoidehaltigen Möhrenzellen; freigesetzte Carotinoide werden jedoch nicht in den Saft eingetragen.

Gründe für die im Hinblick auf die Steigerung der Carotinoidgehalte des Saftes fehlgeschlagene Maßstabsvergrößerung sind

- die unzureichende Vermischung. Die im Vergleich zur mit Saft verdünnten Möhrenmaische relativ hohe Viskosität des im Pilotversuch unverdünnt eingesetzten Materials bewirkt eine suboptimale Vermischung von Maische und Enzympräparaten. Darüber hinaus wurde während der Behandlungsdauer nicht kontinuierlich sondern absatzweise vermischt. Ein Versuchsansatz im Labormaßstab mit 1:1 in Saft verdünnter Maische bei einer Behandlungstemperatur von 60 °C, denselben Enzymkonzentrationen wie im Pilotversuch, führte bei kontinuierlichen Vermischung zu ähnlich hohen Carotinoidgehalten im Saft, wie bei den Versuchen mit jeweils 10 g/kg Zellulase und Pektinase bei 50 °C. Daran ist zu erkennen, dass eine möglichst homogene, kontinuierliche Vermischung der Maische während der gesamten Inkubationsdauer ein kritischer Prozessparameter ist.
- die unzureichend genau geregelte Behandlungstemperatur mit einem Sollwert von 50 °C und einem gemessenen Wert von überwiegend 60 °C (bei Temperaturschwankungen zwischen 40 °C und 60 °C).
- eine kurzzeitige Erhitzung der enzymhaltigen Möhrenmaische während der Enzymdosierung mittels Suprator-Kolloidmühle, die auf die dort erzeugten hohen Scherkräfte zurückzuführen ist und evtl. zu einer teilweisen Inaktivierung der Enzyme führt.

Qualitative sensorische Bewertung des Direktsaftes (Pilotversuch)

Der im Pilotversuch erzeugte Direktsaft wurde zunächst zur Inaktivierung der Enzyme pasteurisiert und dann verkostet. Trotz der relativ hohen zur Saftherstellung eingesetzten Enzymkonzentration hatte der Saft einen guten Geschmack und Geruch sowie eine schöne rote Farbe.

3.1.5 Entwicklung marktfähiger Lycopin-Möhrensaftprodukte

Im Verlauf des Projektes wurde vom Projektpartner Haus Rabenhorst ein Lycopin-Möhrensaft-Prototyp entwickelt, der im Rahmen einer Markterprobung als

„Rabenhorst Bio-Lycopin-Möhrensaft“ in Apotheken, Reformhäusern und im Naturkosthandel angeboten wird. Die Ergebnisse der Marktanalyse liegen noch nicht vor.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Es konnte gezeigt werden, dass ökologisch angebaute lycopinreiche Möhren der Sorte *Nutri-Red* für die Möhrensafterstellung nach dem Standardverfahren grundsätzlich geeignet sind. Die Optimierung des Anbaus dieser aus Japan stammenden Möhrensorte im Hinblick auf die Anpassung an hiesige klimatische Verhältnisse mit den Mitteln der Pflanzenzüchtung ist Voraussetzung für eine gewerbliche/industrielle Nutzung auf wirtschaftlicher Basis. Durch den Einsatz von zellgewebemodifizierenden Enzymen kann der Gehalt an ernährungsphysiologisch wertvollen Inhaltsstoffen (Lycopin, β -Carotin, Phytoen, Phytofluen, Polyphenole) im Saft deutlich gesteigert werden; gleichzeitig wird die Saftausbeute erhöht. Vor der gewerblichen/industriellen Nutzung wird eine Wiederholung der Maßstabsvergrößerung (Pilotversuch) empfohlen. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Haus Rabenhorst wurde ein „Bio-Lycopin-Möhrensaft“ entwickelt, der in Apotheken, Reformhäusern und im Naturkosthandel verkauft wird.

Da die Ergebnisse wie dargestellt in hohem Maße umsetzungsreif sind, leistet das Projekt einen unmittelbaren Beitrag zur Steigerung des Marktanteils ökologischer Erzeugnisse. Synergistische Effekte sind zu erwarten, da das Institut für Verfahrenstechnik der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel als ausführende Stelle und Projektleitung gemeinsam mit der Fruchtsaft Bayer & Co. sowie weiteren Partnern u.a. aus der lebensmittelverarbeitenden Industrie im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Leitprojektes "Verbesserung der gesundheitlichen Qualität von Lebensmitteln durch Erhöhung und Modifikation des Carotinoid-Gehaltes" zusammenarbeitet. Ein aus den bislang vorliegenden Daten zu erwartender, hoher gesundheitlicher Wert von lycopinreichen Möhren und daraus hergestellten Produkten sollte in Verbindung mit einer ökologischen Erzeugung der Möhren einen hohen Marktwert erzielen und damit die im Rahmen des geplanten Projektes angestrebte Vermarktung von ökologisch erzeugten Produkten in besonderem Maße fördern.

Weiter kommt den VerbraucherInnen unmittelbar zugute, dass im Rahmen des Projektes ein bereits heute vielfach angewendetes Produktionsverfahren im Hinblick auf die Wirkung der einzelnen Verarbeitungsschritte auf die Erhaltung der Carotinoide als gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe untersucht wurde.

Die enge Zusammenarbeit zwischen einem ökologisch wirtschaftenden Landwirt, einem mittelständischen Fruchtsafthersteller und der BFEL unterstützt darüber hinaus eine direkte Übertragung von Erkenntnissen aus der Forschung in die gewerbliche/industrielle Lebensmittelerzeugung.

Bislang publizierte Ergebnisse

Publikationen:

- Mayer-Miebach, E., Gräf, V., Schuchmann, H.P. (2002): Optimierung der Safftherstellung aus ökologisch erzeugten Karotten, BFE-Jahresbericht.
- Mayer-Miebach, E., Behnlian, D., Gräf, V., Neff, E., Regier, M., Schuchmann, H.P. (2003): Optimizing the carotenoid content of processed products based on a lycopene rich carrot. ECCE - 4th. *European Congress of Chemical Engineering. Topic 11 Abstracts Book 10*, 2 p., A0411.
- Mayer-Miebach, E., Behnlian, D., Gräf, V., Regier, M., Walz, E., Schuchmann, H.P. (2003): Angepasste Verarbeitung von lycopinreichen Lebensmitteln. *Chemie Ingenieur Technik v. 75(8)*, 1077-1078, A0371.
- Mayer-Miebach, E., Gräf, V., Schuchmann, H.P. (2003): Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche Qualität von Karottensäften aus ökologisch erzeugten Möhren, BFE-Jahresbericht.
- Mayer-Miebach, E., Behnlian, D., Regier, M., Schuchmann, H.P. (2004): Lycopin- und β -Carotinsstabilität und -bioverfügbarkeit bei Möhrenprodukten. CIT Sonderheft, zur Veröffentlichung in Ausgabe April 2004 angenommen.

Vorträge:

- Idda, P., Mayer-Miebach, E., Behnlian D., Regier, M., Knörzer, K., Schuchmann, H.P. (2004): Modellierung der konvektiven Trocknung von carotinoidreichen Lebensmitteln, *GVC-Fachausschusstagung 22.03.2004, Baden-Baden*.
- Mayer-Miebach, E., Schuchmann, H.P. (2004): Modifizierung der Lycopin-Bioverfügbarkeit aus Möhren, *DGE-Kongress 10.-12.03.2004, München*.

Veranstaltungen:

- Tag der Offenen Tür in der BFE (2003): Versuchsstand und Ausschank von Bio-Lycopin-Möhrensaft, 29.06.2003.

Fernsehbeiträge:

- Beitrag "Lebensmittel mit Mehrwert" in der Wissenschaftsreihe "Faszination Wissen" des Bayerischen Rundfunks, Ausstrahlungsdatum 12.02.2004.

4 Zusammenfassung

Die Eignung aus Japan stammender lycopinreicher Möhren (*Daucus carota* L. var. *Nutri Red*) für ökologischen Anbau und Bio-Safftherstellung nach gewerblichen/industriellen Standardverfahren wurde im Rahmen des Projektes untersucht.

Die Carotinoidgehalte frischer Möhren (Lycopin, β -Carotin, Phytoen, Phytofluen) bleiben während der Safftherstellung weitgehend erhalten; *cis*-Isomere des Lycopins entstehen nicht. Wasserlöslichen Inhaltsstoffe mit einem hohen antioxidativen Potential und damit möglicherweise gesundheitsfördernder Wirkung reichern sich im Saft an, so dass ein ernährungsphysiologisch hochwertiger Bio-Möhrensaft erzeugt werden kann. Aus einem vom Projektpartner Fruchtsaft Bayer & Co. produzierten Direktsaft konnte so vom Projektpartner Haus Rabenhorst ein marktfähiger Prototyp entwickelt werden, der als "Bio-Lycopin-Möhrensaft" im Rahmen einer Marktanalyse zur Zeit in Apotheken, Reformhäusern und im Naturkosthandel angeboten wird. Ein erheblicher Anteil gesundheitsfördernder Carotinoide wird jedoch während der Safftherstellung nach Standardverfahren im Pressrückstand angereichert. Untersuchungen im Labormaßstab haben gezeigt, dass die Nutzung zellgewebemodifizierender Enzyme den Carotinoidgehalt von Möhrensäften durch Nutzung der "Reserven" im Pressrückstand erheblich steigern kann, wenn die optimale Durchmischung einer Enzymkombination aus jeweils 10 g Zellulase und Pektinase je kg einer zu behandelnden Möhrenmaische z.B. durch die Verdünnung mit vorab hergestelltem Möhrensaft gegeben ist. Neben den mit über 50 % deutlich höheren Carotinoidgehalten wird gleichzeitig die Saftausbeute um ca. 10 % gesteigert. So können Säfte erzeugt werden, die je kg 125 mg Gesamtcarotinoide, 70 mg *all-trans*-Lycopin, 40 mg *all-trans*- β -Carotin enthalten. Ein Pilotversuch zur Enzymanwendung hat die gewünschte Maßstabsvergrößerung nicht erbracht und sollte daher unter Berücksichtigung einer exakten Übertragung der Laborergebnisse in den Pilotmaßstab wiederholt werden.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen; mit Hinweisen auf weiterführende Fragestellungen

Die im Projektantrag dargestellten Aufgaben (s. Balkenplan, Anhang 1) wurden praktisch in allen Punkten erfüllt. Alle im Projektplan aufgelisteten Ziele, mit Ausnahme einer erfolgreichen Übertragung der Ergebnisse des Labor- in den Pilotmaßstab, wurden erreicht. Der Pilotversuch sollte unter genauer Einhaltung der optimalen Laborbedingungen wiederholt werden.

Da Carotinoide in wässrigen Medien praktisch unlöslich sind, wird es künftig von besonderem Interesse sein, partikelgebundene Carotinoidfraktionen in den Saft einzutragen, wobei insbesondere auf die Trubstabilität des erzeugten Saftes zu achten sein wird. Um im Rahmen der Safftherstellung möglichst umfangreich carotinoidbeladene Zellgewebepartikel zu erzeugen, können sowohl enzymatisch, als auch thermische oder mechanische Zellaufschlussmethoden eingesetzt werden. Darüber hinaus lässt sich der Eintrag wasserunlöslicher Carotinoide in einen Saft mit hohem Wassergehalt möglicherweise durch den Einsatz von Emulgatoren optimieren.

6 Literaturverzeichnis

- Aust O., Ale-Agha N., Zhang L., Wollersen, H., Sies H., Stahl W. (2003): Lycopene oxidation product enhances gap junctional communication. *Food and Chemical Toxicology* 41, 1399-1407.
- Bao, B., Chang, K.C. (1994a): Carrot pulp chemical composition, color, and water-holding capacity as affected by blanching. *Journal of Food Science*, 59, 1159-1161.
- Bao, B., Chang, K.C. (1994b): Carrot juice color, carotenoids, and nonstarchy polysaccharides as affected by processing conditions. *Journal of Food Science*, 59, 1115-1158.
- Boileau T.W.-M., Liao Z., Kim S., Lemeshow S., Erdman J.W., Clinton S.K. (2003): Prostate carcinogenesis in *N*-methyl-*N*-nitrosourea (NMU)-testosterone-treated rats fed tomato powder, lycopene, or energy-restricted diets. *Journal of the National Cancer Institute* 95(21), 1578-1586.
- Borowska, J., Zadernowski, R., Zander, L., Fornal, J., Markiewicz, K., Kubiak, A., Kowalska, M. (2000): Application of enzymes in the production of pulpy carrot juice. *Fruit Processing*, 10, 162-169.
- Brandt, K., Mølgaard, J.P. (2001): Featured Article - Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81, 924-931.
- Britton, G., Liaaen-Jensen, S. Pfander, H. (1995): *Carotenoids*, Vol. 1A, BirkhäuserVerlag, Basel.
- Celmer, R.F. (1968): Verfahren zur Gewinnung von Flüssigkeiten aus pflanzlichen Materialien. Schweizerische Eidgenossenschaft Patent-Nr. 460 508.
- Demir, N., Acar, J., Sarioglu, K., Mutlu, M. (2001): The use of commercial pectinase in fruit juice industry. Part 3: Immobilized pectinase for mash treatment. *Journal of Food Science*, 275-280.
- Dikansky, J.R.M. (1986): Method for extraction of carotene from carrots and the resultant carotene concentrate. *French Patent Application*.
- Ebata, J., Kawai, K., Furukawa, H. (1993): Inhibitory effects of dietary leafy vegetables on mutagens and on active oxygens. In: Bronzetti, G., Hayatsu, H., deFlora, S., Waters, M.D., Shankel, D.M. (eds), Antimutagenesis and Anticarcinogenesis Mechanisms III, Plenum Press, New York, p 99-102.
- Eichholzer, M., Staehlin, H.B., Gey, K.F., Ludin, E. and Bernasconi, F. (1996): Prediction of male cancer mortality by plasma levels of interacting vitamins: 17-year follow-up of the prospective Basel study. *Int. Journal of Cancer* 66, 145-150.
- Emenhiser, C., Sander, L.C., Schwartz, S.J. (1995): Capability of a polymeric C30 stationary phase to resolve cis-trans carotenoids in reversed phase liquid chromatograph. *J. Chromatography* 707, 205-216.
- Furui, H., Yasumoto, M., Tatsuzawa, H., Inakuma, T., Ishiguro, Y. (1995): Method of producing carrot juice. United States Patent. Patent Number 5,403,613.
- Gärtner, C., Stahl, W., Sies, H. (1997): Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am. J. Clin. Nutr.*, 66, 116-122.

- Giovanucci, E. (1999): Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: Review of the epidemiologic literature. *J. National Cancer Institute*, 91, 317-331.
- Gronowska-Senger, A., Dudek, M., Pierzynowska, J. (1997): Assessment of the bioavailability of b-carotene from certain vegetables grown by conventional and ecological methods. *Roczn.PZH*, 48, 145-148.
- Heaton, D. (2002): Organic farming, food quality and human health - A review of the evidence. Soil Association.
- Hoff, J.E. and Singleton, K.L. (1977): A Method for determination of tannins in Foods by means of immobilized protein. *Journal of Food Science*, 42, 1566-1569.
- Katsaboxakis, K. Z. (1984): The influence of the degree of blanching on the quality of frozen vegetables. in: Zeuthen, P.; Cheftel, J. C.; Eriksson, C.; Jul, M.; Leniger, H.; Linko, P.; Varela, G.; Vos, G. Thermal processing and quality of foods. Elsevier Applied Science.
- Kim, Y.-S., Park, S.-J., Cho, Y.-H., Park, J. (2001): Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *JFS*, 66, 1355-1360.
- Leo, P.d., Traversi, D., Miceli, A. (1991): Synergic effects of cellulase, pectinase and hemicellulase on cell wall hydrolysis. In 'Third International Workshop on Plant Polysaccharides, Structure and Function' [see FSTA (1992) 24 1L1]. *Food Hydrocolloids*, 5, 223-224.
- Massiot, P., Guiller, I., Baron, A., Drilleau, J.-F. (1992): Cell wall polysaccharides modifications during heat treatment and enzymatic degradation of carrot tissues. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 559-563.
- Mayer-Miebach, E., Spieß, W.E.L. (2003): Influence of cold storage and blanching on the carotenoid content of Kintoki carrots. *J. Food Eng.* 56, 211-213.
- Mozafar, A. (1996): Decreasing the NO₃ and increasing the vitamin C contents in spinach by nitrogen deprivation method. *Plant Foods for Human Nutrition*, 49 (2) 155-162.
- Paetau, I., Khachik, F., Brown E.D., Beecher G.R., Kramer T.R., Chittams J. Clevidence B.A. (1998): Chronic ingestion of lycopene-rich tomato juice or lycopene supplements significantly increases plasma concentrations of lycopene and related tomato carotenoids in humans. *American Journal of Clinical Nutrition* 68, 1187-1195.
- Pellegrini, N., Re, R., Yang, M., Rice-Evans, C.R. (2001): Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. In: Packer, L.: Oxidants and Antioxidants, Part A. *Methods in Enzymology*, 299, 379-389. Academic Press, New York.
- Préstamo, G., Fuster, C., Risueno, M.C. (1998): Effect of blanching and freezing on the structure of carrots cells and their implications for food processing. *J. Sci Food Agric*, 223-229.
- Reddy, N.S., Khan ,T.N., Malewar, V.G., Dudde, K.B. (1995): Trace elements in spinach (*Spinacia oleracea*) cultivated in soil fortified with graded levels of iron. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47 (4), 357-360.

- Rembalkowska, E. (1991): The wholesomeness of vegetables from organic and conventional farms. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 34 (1) 49-57.
- Ren, H., Endo, H., Hayashi, T. (2001): Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. *Journal of the Science in Food and Agriculture*, 1426-1432.
- Schierle, J., Bretzel, W., Bühler, I., Faccin, N., Hess, D., Steiner, K., Schüp, W. (1997): Content and isomeric ratio of lycopene in food and human blood plasma. *Food Chem.* 59, 459-465.
- Schlee, D. (1992): *Ökologische Biochemie*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Schmitt, R. (1981): How to put a raw carrot through the neck of a bottle - liquefaction of fruits and vegetables by enzyme treatment. *Flüssiges Obst*, 8, 239-240.
- Schmitt, R. (1988): Optimiertes Enzymsystem zur Herstellung von Karottensaft und anderen Gemüsesäften. *Flüssiges Obst*, 55, 321-323.
- Sembries, S., Mehrländer, K., Dongowski, G., Will, F., Dietrich, H. (2004): Freisetzung von Polyphenolen aus Apfel- und Traubenmaische durch zweistufige Enzyrierung und deren Resorption. *Proceedings of the German Nutrition Society. Abstracts zum 41. Wissenschaftlichen Kongress, DGE, Volume 6*, 45.
- Sims, C.A.; Balaban, M.O.; Matthews, R.F. (1993): Optimization of carrot juice color and cloud stability. *Journal of Food Science*, 58, 1129-1131.
- Sorensen, J. N., Johansen A.S. und Kaack, K. (1996): Marketable and nutritional quality of leeks as affected by water and nitrogen supply and plant age at harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*; 68 (3), 367-373.
- Stahl, W., Schwarz, W., Sundquist, A.R., Sies, H. (1992): cis-trans isomers of lycopene and β -carotene in human serum and tissues. *Arch Biochem Biophys*, 294, 173-177.
- Stahl, W. (1995): Biokinetik von β -Carotin- und Lykopinisomeren beim Menschen. *Habilitation*, Universität Düsseldorf, Institut f. Physiologische Chemie I.
- Stahl, W., Heinrich, U., Wiseman, S., Eichler, O., Sies, H., Tronnier, H. (2001): Dietary tomato paste protects against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Journal Of Nutrition*, 131, 1449-1451.
- Steinmetz, K.A.; Potter, J.D. (1996): Vegetables, fruit, and cancer prevention: a review. *Journal of the American Dietetic Association*, 96, 1027-39.
- Suzuki, Y, Sugimoto, A., Kakuda, T., Ikegawa, Y. (2002): Manufacturing process of carrot juice. *United States Patent US 6,340,489*.
- Tsu, H.L., Shey, Y.H. (1995): Improvement of process efficiency in carrot extraction. *Food Science*, 22, 240-246.

Anhang 1: Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche Qualität von industriell hergestellten Karottensäften aus ökologisch erzeugten Karotten 02OE205
Balkenplan mit Meilensteinen

Aufgaben / Meilensteine (M)	Partner	III 2002				I 2003			II 2003			III 2003			IV 2003		
		09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Karottenanbau nach EG 2092/91																	
Anbau Sorte <i>Nutri-Red</i>	Bayer/Grieshaber	■	■	■							■	■	■	■	■	■	
Anbau Sorte <i>Rothild</i>	Bayer/Grieshaber	■									■	■	■	■	■	■	
Analyse SPS-Entwicklung bei <i>Nutri-Red</i>	Bayer/Tevini										■	■	■	■	■	■	
Anbaudokumentation	Bayer/Tevini	■	■	■	■						■	■	■	■	■	■	■
M1: Bio-Karotten geeignet, in ausreichender Menge			◆		◆										◆		◆
Enzymanwendung im Labormaßstab - Nutri-Red	BFE/IVT (BFE)																
Variation: Enzymmenge und -kombination	BFE	*)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Variation: Temperatur/Behandlungsdauer	BFE		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Variation: Maischevorbehandlung (pH, Temperatur)	BFE		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
M3: ernähr. Saftqualität, Saftausbeute gesteigert											◆						◆
Prüfung: sensorische Saftqualität nach Enzymanw.	Bayer/Rabenhorst/ BFE									■	■	■	■	■	■	■	■
M4: sensorische Saftqualität geeignet											◆						
Enzymanwendung im Produktionsmaßstab																	
Standard-Enzymanwendung - <i>Nutri-Red (Rothild)</i>	Bayer/Tevini/ BFE		■														
Analytik I (u.a. Carotinoide, antioxid. Potential)	BFE			■	■												
Analytik II (u.a. Zuckergehalte, Nitrat)	Bayer/Tevini			■	■												
M2: Karotten zur Safterstellung geeignet						◆											
Optimierte Enzymanwendung - <i>Nutri-Red (Rothild)</i>	Bayer/Tevini - BFE															■	■
Analytik I und II	IVT/Bayer/Tevini																■
Safterstellung aus Halbfabrikaten																	
Prüfung: sensorische Qualität, Haltbarkeit	Bayer/Rabenhorst/ BFE			*)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Entwicklung: Saft-Prototypen	Bayer/Rabenhorst/ BFE										■	■	■	■	■	■	■
M5: Optimierung auf Pilotmaßstab übertragbar																	◆

*) hell unterlegte Balken: Vorversuche

**Forschungsprojekt „Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche Qualität von industriell hergestellten Möhrensäften aus ökologisch erzeugten Möhren“
- 02OE205 -**

1. Teilzwischenbericht, Karottenanbau 2002

1. Ökologischer Anbau von Karotten (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*)

1.1 Allgemeines

Für den ökologischen Anbau wurden die Karottensorten Nutri-Red und Rothild verwendet. Nutri-Red ist eine neuartige, stark lycopinhaltige Karottensorte vom Imperortyp, die vor wenigen Jahren auf dem europäischen Markt durch die Saatgut-Firma Seminis eingeführt wurde. Rothild ist eine seit langen als Saftkarotte verwendete Sorte vom Nantestyp mit α - und β -Carotin als Hauptkomponenten. Das ungebeizte Saatgut für den Anbau der Nutri-Red stammte von der Fa. Seminis Vegetable Seeds (D-31535 Neustadt), das für Rothild von der Firma Hild (D-71672Marbach). Als Anbauer konnte der Biolandhof Wilfried Grieshaber (D-71254 Ditzingen-Hirschlanden) gewonnen werden, der ganz in der Nähe des ebenfalls im Projekt beteiligten Gemüsesaftherstellers Fa. Fruchtsaft Bayer (D-71254 Ditzingen-Heimerdingen) beide Sorten Anfang Mai 2002 auf dem Flurstück Rotweil ausdrillte. Der Biolandhof Grieshaber hat ein Bioland-Zertifikat mit Gültigkeit bis 23. 01. 03 vorgelegt. Von den Saatgutlieferanten wird die Entwicklungszeit dieser mittelspäten Sorten mit mehr als 120 Tagen angegeben

1.2 Bodenbedingungen und kulturtechnische Maßnahmen

1.2.1 Boden- und Düngungsdaten

Bei dem Flurstück Rotweil handelt es sich um einen Boden aus mittel-schluffigem Lehm, der mit der Ackerkennzahl 75 belegt wurde, d.h. ausgehend von Bodeneigenschaften, Klima- und Geländeverhältnissen eines optimalen Bodens, der mit der Kennzahl 100 klassifiziert wird, handelt es sich bei diesem Flurstück um einen guten bis sehr guten Boden. In Tabelle 1 sind die Werte der Bodenanalyse hinsichtlich der Makronährstoffe Phosphor, Kalium, Magnesium und Stickstoff aufgeführt. Der N-Wert betrug zu Beginn des Anbaus 46 kg/ha. Während der gesamten Vegetationszeit der Karotten erfolgte keine weitere Düngung. Durch eine vorangehende, zweijährige Fruchtfolge mit Klee ist eine N-Bindung im Boden vorbereitet worden. Der Anbau von Kartoffeln als Hackfrucht im 3. Jahr diente der ökologischen Unkrautbekämpfung, so dass die Karottensamen erst im vierten Jahr zur Aussaat kamen (Tab. 1).

1.2.2 Anbaumaßnahmen

Nach der Vorjahreseernte wurde das Flurstück Rotweil zunächst gepflügt, dann Grünsaat ausgebracht und diese nach dem Auflaufen im Dezember 2001 untergepflügt. Nach der Winterfurche folgte bei trockenem Boden Ende März 2002 ein Eggenstrich, der zur Unkrautbekämpfung, zur Auflockerung und besseren Erwärmung des Bodens diente. Mitte April sind dann Dämme gezogen worden, die Ende April mit einem Striegel zur Vernichtung von eventuell aufgekommenen Unkraut eingeebnet wurden. Gleichzeitig erfolgte eine Düngung mit Algenkalk. Nach einem erneuten Anhäufeln sind beide Sorten Anfang Mai mit einer Frontwalze (Fa. Güttler) mit pneumatischer Samenablage ausgedrillt worden. Der Reihenabstand betrug jeweils 75 cm, die Zahl der Samen bei der Sorte Nutri-Red 70 Samen, bei der Sorte Rothild 100 Samen pro laufendem Meter (Tab. 2). Das Auflaufen des 3-Blattstadiums war in etwa nach 4 Wochen beendet. Die Zählung der Bestandsdichte ergab für Nutri-Red 25 Pflanzen, für Rothild 35 Pflanzen pro laufendem Meter. Ein Pflanzenschutz gegen Schädlinge ist bei Möhren unter diesen Anbaubedingungen nach Aussagen des Landwirtes in den letzten 15 Jahren nicht nötig gewesen.

2. Ergebnisse

2.1 Probennahme

Die Karottenernte der Sorte Nutri-Red erfolgte bei trockenem Wetter Anfang Oktober, der Sorte Rothild Anfang November. Für die Erfassung morphologischer Daten wurden exemplarisch für Nutri-Red 10 Probenentnahmestellen ausgesucht, wobei auch Randbereiche des Feldes wie z.B. Feldwegbereiche mit erfasst wurden (Abb. 2). Da die morphologischen Daten (Tab. 3) für die einzelnen Probestellen mit wenigen Ausnahmen im Randbereich relativ gleichförmig ausgefallen waren, konnten auch Rothild-Proben nach ähnlichem Muster jedoch mit etwas weniger Probestellen im mittleren Feldbereich genommen werden.

2.2 Morphologische Daten und Erträge

An morphologischen Daten sind folgende Parameter erfasst worden: Länge, Gewicht und Kopfdurchmesser der Karotten, ferner der prozentuale Anteil aufgeplatzter und beiniger Karotten, sowie die Krautlänge. Tab. 3 gibt exemplarisch für Nutri-Red die Daten der 10 Entnahmestellen an. In Tab. 4 sind diese Daten für mehr als 500 Individuen statistisch zusammengefasst, ebenso für Rothild für mehr als 200 Individuen. Bezüglich der Probenahmestellen zeigte sich eine relativ gleichmäßige Verteilung in den einzelnen Parametern, mit Ausnahme des Randbereichs am Feldweg (Entnahmestelle 1, 5 und 10).

Der Vergleich beider Karottensorten ergab, dass die Sorte Nutri-Red im Durchschnitt mit ca. 20 cm um 3 cm länger war als Rothild, jedoch im Kopfdurchmesser mit 3.3 cm erheblich dünner als Rothild mit 4.7 cm. Hieraus ergeben sich mit ca. 127 g/pro Karotte deutlich geringere Durchschnittsgewichte für Nutri-Red als für Rothild mit ca. 212 g. Dies wirkt sich auch auf die Hektarerträge aus, die bei Nutri-Red 570 Dezitonnen (dt), bei Rothild 720 dt betragen (Tab. 4). Die größere Krautlänge bei Rothild spricht ebenfalls für eine höhere Photosyntheseleistung und damit für eine erhöhte Bildung von Reservestoffen in der Wurzel.

Nachteilig für das Aussehen der Nutri-Red war die hohe Anzahl aufgeplatzter Karotten. Der Anteil der Platzer betrug bei Nutri-Red ca. 28%, bei Rothild jedoch nur ca. 9%. Ein Grund hierfür ist bisher nicht bekannt. Die Besatz mit zusätzlichen Nebenwurzeln (Beinigkeits) war bei den Sorten in etwa gleich.

2.3 Inhaltsstoffe

Die ernährungsphysiologisch wichtigsten Inhaltsstoffe der Karottenwurzel sind die Carotinoide, die den Karotten ihre rote Farbe geben. Die qualitative Carotinoidzusammensetzung herkömmlicher Karotten ist mit α - und β -Carotin ähnlich, quantitativ jedoch naturgemäß sehr sortenabhängig. Die Sorte Rothild im Bioanbau des Jahres 2002 enthielt pro kg Frischmasse 104 mg β -Carotin und ca. 44 mg α -Carotin, dazu geringe Mengen Lutein und einige cis-Isomere (Tab.5). Im Gegensatz hierzu enthielt die neuartige Sorte Nutri-Red hauptsächlich das aus Tomaten bekannte Lycopin mit einem Anteil von ca. 113 mg/kg, weswegen sie auch als Lycopinkarotte bezeichnet wird, sowie β -Carotin zu ca. 50 mg/kg Frischmasse. Aufgrund des hohen Lycopinanteils und des Fehlens von α -Carotin erscheinen die Lycopinkarotten tiefrot gegenüber orange gefärbten herkömmlichen Karotten. Die Gesamtmenge der Carotinoide war mit ca. 178 mg/kg bei Nutri-Red leicht höher als bei Rothild mit 165 mg/kg, ebenso die Trockenmasse mit 11.2% gegenüber 10.7%.

Der Verlauf der Lycopinbildung, der neben dem Wachstum des Wurzelkörpers den Erntezeitpunkt bestimmen könnte, zeigte, dass die Lycopinbildung von Ende Juli bis Mitte September stark anstieg, dann jedoch bis zum Erntezeitpunkt Anfang Oktober konstant verharrte (Abb.2). Die β -Carotin-Synthese verlief weniger steil.

3 Zusammenfassende Bewertung

Die im Jahr 2002 von der Fa. Grieshaber in Heimerdingen auf dem Flurstück Rotweil ökologisch angebauten Karottensorten Nutri-Red und Rothild lassen sich wie folgt bewerten:

Die Sorten sind als mittelspät einzuordnen mit einer gleichlangen Vegetationszeit von etwa 5 Monaten, bei einem Aussattermin Anfang Mai. Deutliche Unterschiede ergeben sich hinsichtlich Größe, Gewicht, Kopfdurchmesser, Platzer, Krautlänge, sowie im Ertrag und der Carotinoidzusammensetzung.

Anhang 2

Die Nutri-Red-Karotte ist im Durchschnitt mit 20 cm ca. 3 cm länger als die Rothild-Karotte, jedoch im Kopfdurchmesser ca. 1.4 cm kleiner. Dadurch ergeben sich im mittleren Gewicht für die Lycopinkarotte ca. 127 g, für die Rothild-Karotte 212 g. Die Zahl der geplatzten Karotten ist mit ca. 28% bei der Lycopinkarotte deutlich höher als bei der Rothild mit ca. 9%. Gründe hierfür lassen sich im Moment nicht ausmachen. Die neuartige Karottensorte Nutri-Red ist neben ca. 45 mg β -Carotin durch einen hohen Gehalt von über 110 mg Lycopin/kg Frischmasse ausgezeichnet, das der herkömmlichen Karotte fehlt. Dafür enthält die Sorte Rothild ca. 100 mg β -Carotin/kg Frischmasse und ca. 44 mg α -Carotin/kg. Letzteres Carotin fehlt Lycopinkarotten. Aufgrund des hohen Lycopingehaltes, der in gleicher Höhe sonst nur in Tomaten auftritt, kann der Frischgemüsemarkt durch ein weiteres gesundheitsrelevantes Gemüse bereichert werden, wenn die Zahl der geplatzten Karotten verringert werden kann. Ansonsten könnte die neuartige Karotte eher für die Saftgewinnung oder als Tiefkühlkost geeignet sein. Lycopin wird allgemein ein hohes antioxidatives Potential zugeschrieben und gilt als ein Schutzfaktor gegen Sonnenbrand. Dies ergibt auch für den Bioanbau neue Akzente. Agrarökologisch gesehen hat sich die Lycopinkarotte Nutri-Red unter denselben klimatischen, bodenanalytischen und anbaulichen Bedingungen wie die herkömmliche Sorte Rothild anbauen lassen. Die Erträge der Nutri-Red waren zwar um ca. 20% geringer, Vorteile ergeben sich aber besonders hinsichtlich ihrer gesundheitsrelevanten Eigenschaften, aufgrund des Gehaltes an Lycopin und β -Carotin.

Tab. 1: Boden- und Düngungsdaten des Anbaustandortes Heimerdingen für den Bioanbau 2002 der Karottensorten Nutri-Red und Rothild

	Nutri-Red	Rothild
Flurstück	Rotweil	
Ackerkennzahl	75	
Bodenart	mittel schluffiger Lehm	
Bodenwerte	pH-Wert	7,1
	P ₂ O ₅	17 mg/100 g Boden
	K ₂ O	21 mg/100 g Boden
	Mg	17 mg/100 g Boden
	N	46 kg N/ha
Düngung	Fruchtfolge 1. 2 Jahre Klee 2. 1 Jahr Kartoffeln o. Winterweizen 3. 1 Jahr Karotten Algenkalk	

Tab. 2: Anbaudaten des Standortes Heimerdingen für den Bioanbau 2002 der Karottensorten Nutri-Red und Rothild

	Nutri-Red	Rothild
Aussaatdatum	Anfang Mai	Anfang Mai
Samenzahl / lfm	70	100
Reihenabstand	75 cm	75 cm
Bestandsdichte / lfm	25 Pflanzen	35 Pflanzen
Schädlingsbekämpfung	nicht nötig	
Unkrautbekämpfung	eggen	
Erntetermin	Anfang Oktober	Anfang November

Tab.3: Verteilung morphologischer Parameter auf 10 Entnahmestellen von Nutri-Red-Karotten aus dem Bioanbau 2002 (Heimerdingen)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Länge	19,1	20,3	20,0	20,3	19,1	20,5	21,3	19,1	23,4	19,7
Gewicht	110,6	152,4	142,8	143,6	107,5	115,3	154,9	102,2	163,4	117,1
Durchmesser	3,1	3,6	3,7	3,7	3,2	3,2	3,6	3,1	3,6	3,3
Beinige	3	1	4	0	3	0	1	1	1	4
Platzer	9	12	11	11	12	10	20	18	16	20

Tab.4: Morphologische Parameter von Karotten (Anbau 2002) der Sorten Nutri-Red und Rothild aus verschiedenen Anbauarten und -gebieten

	Bioanbau (Heimerdingen) Nutri-Red	Bioanbau (Heimerdingen) Rothild
Länge (cm)	20,1±5,3	17,1±4,1
Gewicht (g)	126,5±85,1	212,4±155,0
Durchmesser (cm)	3,3±1,0	4,7 ±1,4
Platzer (%)	27,7	8,8
Beinige (%)	2,9	4,2
Krautlänge (cm)	25-35	30-45
Ertrag dt/ha	570	720

Tab.5: Carotinoidzusammensetzung (mg/kg FG) und Trockenmasse (%) der Karottensorten Nutri-Red und Rothild im Bioanbau 2002 (Heimerdingen)

	Nutri-Red	Rothild
Lutein	1,0	3,7
α- Carotin	-	44,1
Σ cis-α- Carotin	-	2
β- Carotin	44,9	104
Σ cis-β- Carotin	4,1	8,5
Lycopin	113,4	-
Σ cis-Lycopin	13,6	-
Σ sonstige Carotinoide	0,6	2,7
Gesamtcarotinoide	177,6	165
Trockenmasse	11,2	10,7

Abb 1: Verlauf des β -Carotin- und Lycopingehaltes in Nutri-Red-Karotten im Bioanbau 2002 (Heimerdingen)

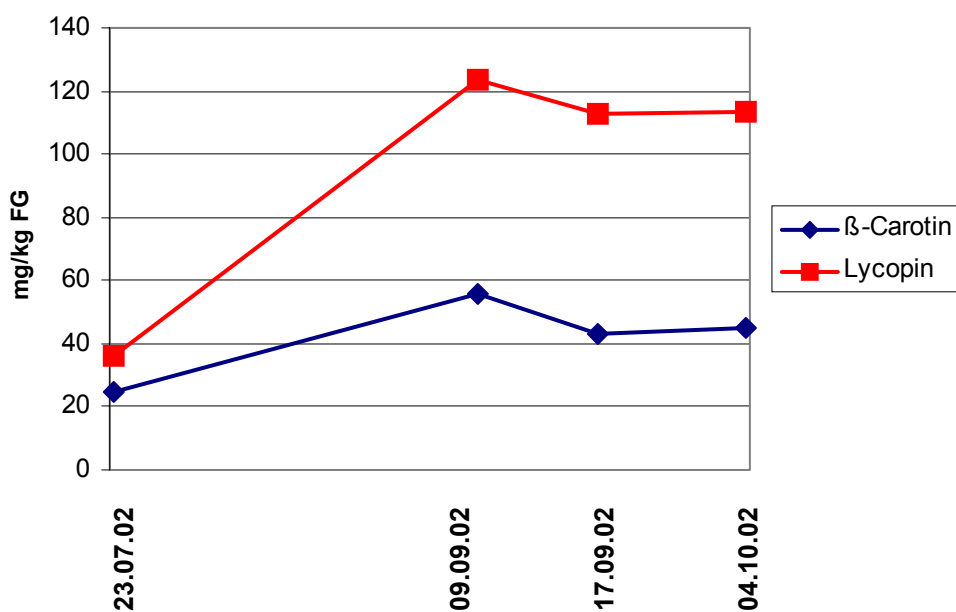
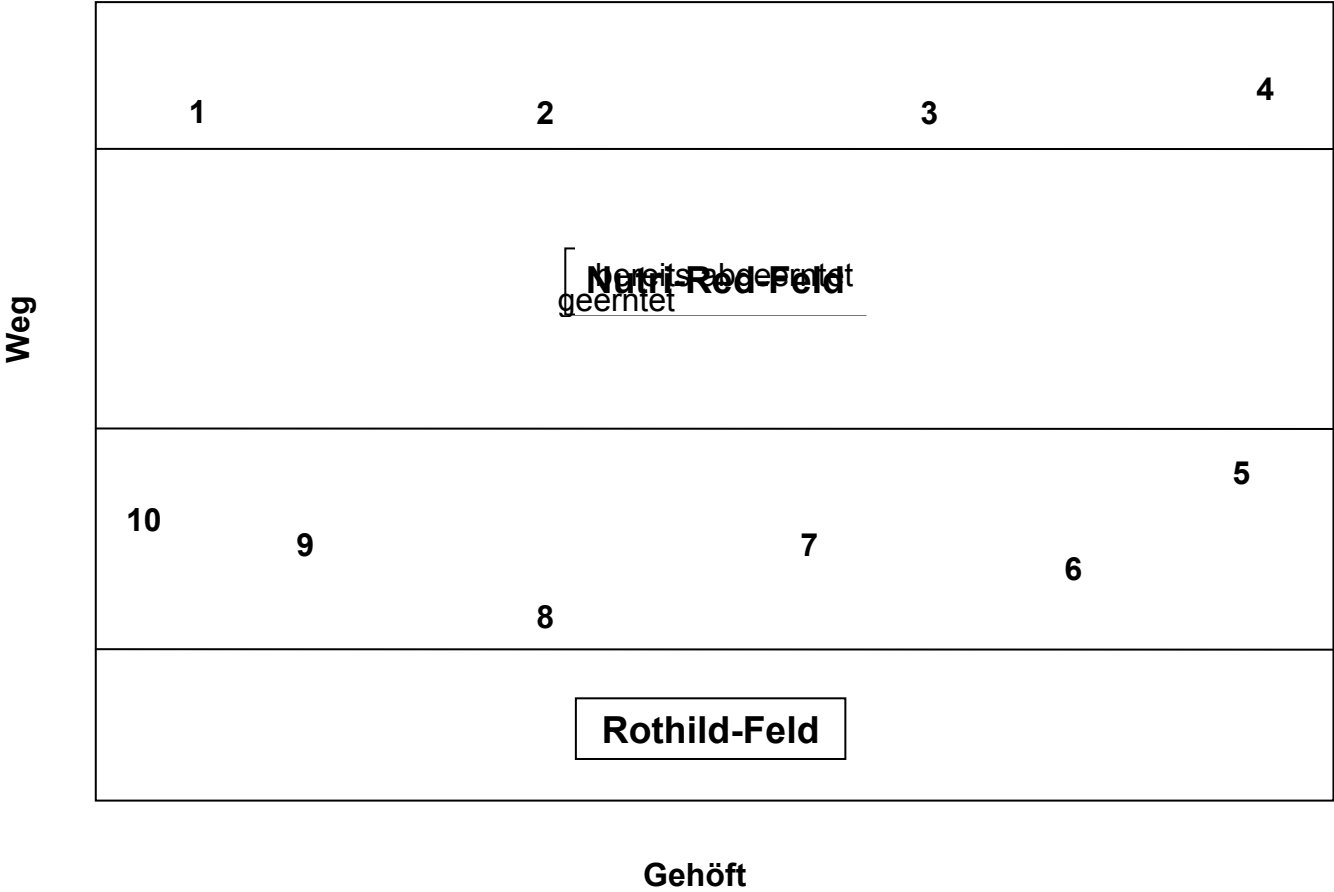


Abb. 2: Entnahmestellen von Nutri-Red-Karotten



**Forschungsprojekt „Verarbeitungseigenschaften und gesundheitliche Qualität von industriell hergestellten Möhrensäften aus ökologisch erzeugten Möhren“
- 02OE205 -**

2. Bericht , Karottenanbau 2003

Ökologischer Anbau von Karotten (*Daucus carota* L. ssp. *Sativus*)

1. Allgemeines

Für den ökologischen Anbau wurden die Karottensorte Nutri-Red verwendet. Nutri-Red ist eine neuartige, stark lycopinhaltige Karottensorte vom Imperatorotyp; die vor wenigen Jahren auf dem europäischen Markt durch die Saatgut-Firma Seminis eingeführt wurde. Das ungebeizte Saatgut für den Anbau der Nutri-Red stammte von der Fa. Seminis Vegetable Seeds (D-31535 Neustadt). Als Anbauer konnte der Biolandhof Grieshaber-Schmid (71254 Ditzingen-Hirschlanden) gewonnen werden, der ganz in der Nähe des ebenfalls im Projekt beteiligten Gemüsesaftherstellers Fa Fruchtsaft Bayer (71254 Ditzingen-Heimerdingen) die Sorte Anfang Ende April auf dem Flurstück Eurach ausdrillte. Vom Saatgutlieferanten wird eine Entwicklungszeit dieser mittelspäten Sorte mit mehr als 120 Tagen angegeben. Der Biolandhof Grieshaber-Schmid hat ein Bioland-Zertifikat mit Gültigkeit für 2004 vorgelegt.

2. Bodenparameter

2.1. Boden- und Düngungsdaten

Bei dem Flurstück Eurach handelt es sich um Boden aus mittel-schluffigem Lehm, der mit der Ackerkennzahl 72 belegt wurde, d.h. ausgehend von Bodeneigenschaften, Klima- und Geländeverhältnissen eines optimalen Bodens, der mit der Kennzahl 100 klassifiziert wird, handelt es sich bei diesem Flurstück um einen guten bis sehr guten Boden. Die Werte der Bodenanalyse hinsichtlich der Makronährstoffe Phosphor, Kalium, Magnesium und Stickstoff entsprechen den Werten des Anbaujahres 2002. Der N-Wert betrug zu Beginn des Anbaus 46 kg/ha. Während des Anbaus der Karotten erfolgte keine weitere Düngung. Durch eine vorangehende zweijährige Fruchtfolge mit Klee ist eine N-Bindung im Boden vorbereitet worden. Der Anbau von Kartoffeln als Hackfrucht im 3. Jahr diente der weiteren ökologischen Unkrautbekämpfung, so dass die Karotten erst im vierten Jahr zur Aussaat kamen.

2.2. Anbaumaßnahmen

Nach der Vorjahreseernte wurde das Flurstück Eurach zunächst gepflügt, dann GrünSaat ausgebracht und diese nach dem Auflaufen im Dezember untergepflügt. Nach der Winterfurche folgte bei trockenem Boden Ende März ein Eggenstrich zur Unkrautbekämpfung, zur Auflockerung und besseren Erwärmung. Mitte April sind Dämme gezogen worden, die Ende April mit einem Striegel zur Unkrautabtötung eingeebnet wurden. Gleichzeitig erfolgte eine Düngung mit 800 kg/ha Algenkalk. Danach ist die Sorte Nutri-Red Ende April mit einer Frontwalze (Fa. Güttler) mit pneumatischer Samenablage ausgedrillt worden. Der Reihenabstand betrug jeweils 75 cm, wobei 70 Samen pro laufendem Meter gesetzt wurden. Das Auflaufen des 3-Blattstadiums war in etwa nach 4 Wochen beendet. Die Zählung der Bestandsdichte ergab für Nutri-Red 30 Pflanzen pro laufenden Meter.

Ein Pflanzenschutz gegen Schädlinge ist bei Karotten unter diesen Anbaubedingungen nach Aussagen des Landwirtes in den letzten 15 Jahren nicht nötig gewesen.

3. Morphologische Daten und Erträge

Aus dem Flurstück wurden zwischen dem 23.07.2003 und dem 09.10.2003 (Gesamterntetermin) 6 Proben statistisch verteilt gezogen, wobei die Anzahl der Möhren je Probe zwischen 145 und 200 lag. Wie zu erwarten nimmt das Gewicht der Karotten ebenso wie der Kopfdurchmesser während der Wachstumsphase bis zur Ernte stetig zu (Tab. 1). Das Durchschnittsendgewicht der Karotten beträgt allerdings nur 55.4g gegenüber 126.5g im Vorjahr. Diese Gewichtsabnahme wird auf die extreme Trockenperiode im Sommer 2003 zurückgeführt. Auffällig wie im Vorjahr ist der große Anteil aufgeplatzter Möhren, der zum Erntezeitpunkt 42% ausmacht. Auch die Beinigkeit (mehrere Seitenwurzeln) nimmt im Laufe der Vegetationsperiode bis zur Abernte von 11% auf 20% zu. Die Karottenlänge bleibt zum Aberntezeitpunkt mit durchschnittlich 18.6 cm gegenüber dem Vorjahr (20.1cm) ebenfalls zurück, aber deutlich weniger als das Gewicht mit über 50% Gewichtsabnahme. Die Krautlänge verändert sich nur unwesentlich im Laufe der untersuchten Wachstumsperiode.

Tab .1: Morphologische Parameter von Nutri-Red-Karotten im Bioanbau in Heimerdingen 2003

Erntedatum	23.07.2003		12.08.2003		02.09.2003		23.09.2003		30.09.2003		09.10.2003	
		Std.-Abw.		Std.-Abw.		Std.-Abw.		Std.-Abw.		Std.-Abw.		Std.-Abw.
Gewicht mit Kraut [g]	14,4	8,74	32,5	17,47	53,2	28,16	62,1	36,68	64,2	36,82	64,9	38,53
Gewicht Karotte [g]	8,6	5,92	23,4	12,99	40,5	21,56	48,2	25,36	52,6	29,39	55,4	32,16
Gewicht Kraut [g]	5,8	3,29	9,1	5,44	12,7	7,66	15,1	14,24	11,6	8,58	9,5	7,12
Länge mit Kraut [g]	34,4	7,01	40,5	7,55	43,0	7,12	42,9	6,29	43,2	7,64	42,1	7,36
Karottenlänge [cm]	12,9	3,60	16,5	5,67	18,0	3,96	18,4	3,25	19,6	4,12	18,6	4,09
Krautlänge [cm]	21,5	4,27	24,2	5,91	25,0	4,24	24,6	4,27	23,8	4,65	23,5	4,63
Kopfdurchmesser [mm]	111,5	35,07	167,2	46,74	213,1	56,35	222,2	50,32	221,6	55,73	235,0	53,70
Blattzahl	6		6		7		nb		nb		nb	
		prozent. Anteil		prozent. Anteil		prozent. Anteil		prozent. Anteil		prozent. Anteil		prozent. Anteil
Beinigkeits [Stück/Gesamtmenge]	-		11	7,70%	12	6,50%	11	5,70%	14	10,10%	20	14,50%
Platzer [Stück/Gesamtmenge]	11	7,30%	5	3,50%	51	27,50%	57	29,50%	37	26,80%	42	30,40%



AB Enzymes GmbH · Postfach 10 12 99 · D-64212 Darmstadt

**Bundesforschungsanstalt
für Ernährung
Haid und Neu – Str. 9
76131 Karlsruhe**

Kontakt/Zeichen: Klaudija Bergdoll
Telefon: +49(0)6151/3680-342
Telefax: +49(0)6151/3680-130
E-Mail: Klaudija.Bergdoll@abenzymes.com
Darmstadt: 2002-08-06

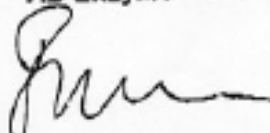
Certificate

We herewith confirm that our products

**Rohapect® PTE
Rohament® CL**

are not produced with the help of GMO (genetically modified organisms). The used production organism has not been genetically modified.
Also for the fermentation and production of the product no ingredients are used, which are manufactured with the help of GMO. There are no products under the same name available, which do not correspond to this certificate.

AB Enzymes GmbH


Dr. Braun


i. V. Bergdoll

Geschäftsführer:
Dr. Wolfgang Braun

Sitz der Gesellschaft: Darmstadt
Handelsregister-Nr.: HRB 7049
Ust-Id-Nr.: DE 812 774 032

Dresdner Bank AG Darmstadt
Kto. 1 707 140 00, BLZ 508 800 00
SWIFT-BIC: DRES DE 33
IBAN: DE3350800000170714000

AB Enzymes GmbH
Feldbergstraße 73
D-64288 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 6151 / 3680-100
Telefax: +49 (0) 6151 / 3680-120