

UNIVERSITY OF HOHENHEIM
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
PLANT FOODSTUFF TECHNOLOGY
HEAD: PROF. DR. RER. NAT. DR. H.C. REINHOLD CARLE



**Characterization of morphological and chemical traits of
Bactris gasipaes fruits with special reference to their
carotenoid composition**

Master thesis
in
Food Science and Engineering

Submitted by
Judith Hempel
Stuttgart-Hohenheim, February 2013

*This work was financially supported by the
Foundation fiat panis*

5 Summary

Vitamin A deficiency represents a major public health problem in developing countries worldwide. Since Vitamin A rich animal food like dairy products and eggs are scarcely available for large parts of populations in countries with low per-capita incomes, vegetable sources of provitamin A play an essential role in the prevention of vitamin A deficiency. The peach palm fruit (*Bactris gasipaes* KUNTH), an underutilized crop from the tropics and subtropics, was investigated in this thesis due to its high potential as vitamin A source. Eleven fruit accessions were acquired at local markets in Costa Rica in order to characterize the biological diversity and the nutritional potential of peach palm fruits available to Costa Rican customers.

High variability was observed in fruit size (length of 4.1-7.6 cm) and weight (40.0-123.5 g). Peel color of the marketed fruits ranged from green to yellow or red. Irrespective of the peel color, a light yellow to intense orange mesocarp color was observed. Besides seeded fruits, parthenocarpic (seedless) fruits were observed in two accessions.

Containing variable dry matter (DM) of 37.0-56.3%, the fruits studied were rich in starch (25.2-75.0% of DM) and lipids (4.2-17.4% of DM). Lipid contents per fresh weight (2.2-7.0%) by far exceeded those of other Vitamin A rich fruits like mango or papaya (Ternes, 2008). Since fruits with more intensely colored mesocarp contained higher amounts of lipids, carotenoid absorption from peach palm could be particularly efficient due to its dependency on lipids.

(all-*E*)- β -Carotene (0.4-5.4 mg/100 g of fresh weight (FW)) and several (*Z*)- γ carotene isomers (total 0.2-5.3 mg/100 g of FW) were identified by HPLC-APCI-MSⁿ analysis to be major carotenoids in the raw mesocarp. Unlike the abundant (*Z*)-isomers of γ -carotene, (all-*E*)- γ -carotene was only found in minor amounts in a single accession. Further minor carotenoids were (all-*E*)-lycopene, (*Z*)-lycopene isomers, as well as several (*Z*)- β -carotene and (*Z*)- γ -carotene isomers. The presence of (all-*E*)- δ -carotene, as reported in literature (De Rosso and Mercadante, 2007; Rojas-Garbanzo et al., 2011), could not be confirmed and, in addition, this thesis provides evidence for its absence. Total carotenoid levels in the edible portion of the fruit ranged from 0.7 mg to 14.6 mg/100 g of FW. Provitamin A equivalents, i.e. retinol activity equivalents (RAE), in raw, uncooked fruits ranged from 38 μ g to 642 μ g RAE/100 g of FW. Orange-fleshed fruits on average contained 9-fold significantly higher amounts of total carotenoids (9.6-13.6 mg/100 g of FW) and 6-fold

higher amounts of (all-*E*)- β -carotene (3.0-5.2 mg/100 g of FW) as compared to yellow fleshed fruits.

As fruits are commonly consumed after cooking, the influence of a thermal treatment (50 min at 120 °C, 2 bar) on fruit characteristics was investigated. However, this kitchen-like treatment showed only insignificant effects on fruit characteristics and carotenoid content. While (all-*E*)- β -carotene and provitamin A contents decreased only during cooking of one of four accessions by 32% and 14%, respectively, a thermally induced increase in (*Z*)- γ -carotene and (*Z*)- β -carotene isomer contents was observed. In comparison, provitamin A content of the cooked, orange-fleshed fruits (ca. 410 μ g RAE/100 g of FW) was 45% lower than in raw carrots (Ternes, 2008), but four times higher than in papaya (Schweiggert et al., 2011b) and two times higher than in mango (Codjia, 2001).

Light microscopic studies of peach palm fruit mesocarp revealed the presence of globular chromoplasts. Typical structures indicating a crystalline deposition of carotenoids were not observed. Solubility estimations supported the hypothesis of a lipid-dissolved carotenoid deposition in most peach palm fruits, as lipid contents of these fruits would be sufficient to dissolve the carotenoids contained. In yellow-fleshed fruits (3.2 g lipids/100 g of FW) hypothetically ca. 0.7 g lipids were sufficient to dissolve the carotenoids in 100 g of fresh weight. Exceeding the necessary lipid levels, orange-fleshed fruits contained only 6.1 g lipids/100 g of FW, although hypothetically 7.7 g lipids/100 g of fresh weight would be required to dissolve all carotenoids. Nevertheless, no crystalline accumulations were observed by light microscopy and further study on the elucidation of chromoplast substructures using transmission electron microscopy is needed.

In conclusion, this master thesis provided fundamental knowledge regarding the biological diversity, nutritional potential, and carotenoid deposition of Costa Rican peach palm fruits. Fruits were shown to bear an enormous nutritional potential, being rich in starch, lipids and provitamin A carotenoids. Moreover, a globular chromoplast structure with lipid-dissolved deposited carotenoids indicates a potentially high bioaccessibility and bioavailability of carotenoids (Schweiggert et al., 2012), but further research will be needed to verify the hypothesis of this thesis on chromoplast substructures, bioaccessibility, and bioavailability of the carotenoids contained.

Abstract

Vitamin A Mangel stellt weltweit vor allem in Entwicklungsländern ein großes Ernährungsproblem dar. Gerade in ärmeren Ländern, in denen tierische Vitamin A Quellen wie beispielsweise Milchprodukte nicht bezahlbar oder zugänglich sind, spielen pflanzliche Provitamin A Quellen eine wichtige Rolle zur Vermeidung von Vitamin A Mangelerscheinungen. Vor diesem Hintergrund stand die Pfirsichpalme (*Bactris gasipaes* KUNTH), eine kaum genutzte, jedoch sehr vielversprechende Vitamin A Quelle aus den Tropen und Subtropen, im Fokus dieser Thesis. Zur Untersuchung der biologischen Vielfalt und des ernährungsphysiologischen Potentials der Pfirsichpalmfrüchte wurden elf Fruchtchargen auf lokalen Costa Ricanischen Märkten eingekauft, insbesondere um wertbestimmende Charakteristika der für Konsumenten verfügbaren Früchte abzubilden.

Bezüglich Fruchtgröße (Länge von 4,1-7,6 cm) und Gewicht (40,0-123,5 g) wurde große Variabilität beobachtet. Die Schalenfarbe der gekauften Früchte reichte von grün bis gelb oder rot. Unabhängig von der Schalenfarbe variierte die Farbe des Fruchtfleisches zwischen hellgelb und tieforange. Neben samenhaltigen Früchten wurden auch parthenokarpe (samenlose) Früchte in zwei Chargen beobachtet.

Die Früchte enthielten Trockenmassengehalte von 37,0-56,3% und waren sehr fett- (25,2-75,0% Trockenmasse (TM)) und stärkehaltig (25,2-75,0% TM). Ferner wurden bei Früchten mit einem intensiver gefärbten Fruchtfleisch höhere Fettgehalte beobachtet. Da die Anwesenheit von Fetten eine effiziente Carotinoidabsorption während der Verdauung beim Menschen bedingt (Goltz et al., 2012), unterstreicht dieses Ergebnis das im Folgenden beschriebene hohe Provitamin A Potential der Pfirsichpalmfrucht.

(all-*E*)- β -Carotin (0,4-5,4 mg/100 g Frischgewicht (FG)) und mehrere (*Z*)- γ -Carotin Isomere (gesamt 0,2-5,3 mg/100 g FG) wurden mittels HPLC-APCI-MSⁿ-Analyse als Hauptpigmente in rohen Pfirsichpalmfrüchten identifiziert. Im Gegensatz zu den dominierenden (*Z*)- γ -Carotin Isomeren wurde (all-*E*)- γ -Carotin nur in geringen Mengen in einer Charge nachgewiesen. Weiterhin wurden kleinere Mengen an (all-*E*)-Lycopin, (*Z*)-Lycopin-, (*Z*)- β -Carotin- und (*Z*)- γ -Carotin Isomeren nachgewiesen. Im Gegensatz zu Literaturangaben konnte in dieser Arbeit die Präsenz von (all-*E*)- δ -Carotin in Pfirsichpalmfrüchten nicht bestätigt werden. Die Gesamtcarotinoidgehalte der Früchte schwankten zwischen 0,7 mg und 14,6 mg/100 g FG. Die Provitamin A Gehalte (Retinol Äquivalente (RAE)) in

ungekochten Früchten schwankten von 38 µg bis 642 µg RAE/100 g FG. Orangefleischige Früchte enthielten im Vergleich mit gelbfleischigen Früchten durchschnittlich neunfach höhere Gesamtcarotinoidgehalte (9,6-13,6 mg/100 g FG) und sechsfach höhere Gehalte an (all-*E*)-β-Carotin (3,0-5,2 mg/100 g FG).

Da Pfirsichpalmfrüchte in der Regel gekocht konsumiert werden, wurde der Einfluss eines Erhitzungsverfahrens (50 min bei 120 °C; 2 bar) auf die Fruchteigenschaften untersucht. Diese küchenübliche Erhitzung zeigte nur geringe Auswirkungen auf die Fruchteigenschaften und Carotinoidgehalte. Hinsichtlich des Gesamtcarotinoidgehaltes wurden keine signifikanten Unterschiede beobachtet. Während der Gehalt an (all-*E*)-β-Carotin und Provitamin A nur in einer von vier Chargen sank (um 32% bzw. 14%), wurde ein erhitzungsbedingter Anstieg der Gehalte an (*Z*)-γ-Carotin und (*Z*)-β-Carotin Isomeren beobachtet.

Bei lichtmikroskopischen Untersuchungen des essbaren Fruchtmesokarps wurden globuläre Chromoplasten beobachtet, in denen die Carotinoide in der Regel in Fett gelöst vorliegen. Typische Strukturen, die auf eine kristalline Ablagerung von Carotinoiden hinweisen, wurden nicht gefunden. Berechnungen der Löslichkeit von Carotinoiden in Fett bestätigten eine lipid-gelöste Ablagerung von Pfirsichpalm-Carotinoiden, da die Fettgehalte der Frucht zur Lösung der enthaltenen Carotinoide ausreichen. In gelbfleischigen Früchten (3,2 g Fett/100 g FG) würden hypothetisch 0,7 g Fett ausreichen um die in 100 g FG enthaltenen Carotinoide zu lösen. Im Gegensatz dazu reichten jedoch die Fettgehalte bei orangefleischigen Früchten nicht aus, da statt der enthaltenen 6,1 g Fett/100 g FG 7,7 g Fett/100 g FG benötigt werden würden. Da dennoch keine kristallinen Strukturen in den lichtmikroskopischen Aufnahmen beobachtet wurden, werden weitere elektronenmikroskopische Untersuchungen notwendig sein, um die Substrukturen der Chromoplasten aufzuklären.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen das enorme ernährungsphysiologische Potential der Pfirsichpalmfrüchte, da sie reich an Stärke, Fett und Provitamin A Carotinoiden sind. Außerdem weist eine globuläre Chromoplastenstruktur vermutlich auf eine hohe Bioverfügbarkeit der Carotinoide hin. Deshalb sollten im Anschluss an diese Arbeit weiterführende elektronenmikroskopische Studien, *in vitro* und *in vivo* Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit durchgeführt werden.