



Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie  
Lehrstuhl Lebensmittel pflanzlicher Herkunft  
Leiter: Prof. Dr. habil. Dr. h.c. Reinhold Carle

Untersuchungen zur Herstellung von Fruchtsaftkonzentraten  
*aus *Hylocereus* sp.*

## **Diplomarbeit**

im Studiengang Lebensmitteltechnologie

vorgelegt von

**Ralf Martin Schweiggert**

Stuttgart-Hohenheim, März 2009

*Diese Arbeit wurde gefördert aus Mitteln der Eiselen-Stiftung Ulm.*

## 5 Zusammenfassung

Die Pitaya Verarbeitung wurde bislang durch den hohen Schleimstoffgehalt erschwert. Im Rahmen dieser an der Universität von Costa Rica angefertigten Arbeit wurde durch die Entwicklung und Optimierung einer innovativen enzymatischen Verflüssigung der Pitaya-Pulpe die Wirtschaftlichkeit des bisherigen Verfahrens erhöht und gleichzeitig die Konzentration der gewonnenen Säfte ermöglicht.

Ergänzend zu vorangegangenen Studien wurde während eines Enzymscreenings bei niedrigen Temperaturen (4 – 12 °C) mit mehreren Enzympräparaten innerhalb von 1 – 3 Tagen eine unerwartet gute Viskositätsreduktion der Pitaya Pulpe auf etwa 50% des Ausgangswertes bei gleichzeitig hohem Betalainerhalt bis 80% erzielt. Vermutlich aufgrund einer in den Präparaten vorkommenden  $\beta$ -Glykosidase-Aktivität wurden die Gehalte der Pigmente Betanin und Isobetain während der Kaltenzymierung stark reduziert. Zudem kam es zu einem scheinbaren Anstieg der Phyllocactin-Gehalte auf bis zu 150%.

Ferner führte die Kaltenzymierung zu einer Blauverschiebung der Farbwerte, die jedoch vom Kooperationspartner SCRD nicht als negativ bewertet wurde. Ob die Farbverschiebung ausschließlich auf die Veränderung der Pigmentgehalte oder auch auf Veränderungen der Saftmatrix zurückzuführen sind, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Nach einem Enzymscreening wurde das Präparat Pectinase 62L – P062L zur enzymatischen Verflüssigung als das am besten geeignete Präparat ausgewählt. Das Präparat führte unter den Testbedingungen zu einer starken Viskositätsreduktion auf etwa 51% des Ausgangswertes bei gleichzeitig hohem Betalainerhalt (79% mit bzw. 64% ohne Ascorbinsäure).

Unter Verwendung dieses Enzympräparats wurden die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Kaltenzymierung selektiert. Die Filtrationsausbeute nach der Enzymierung und die relative Viskosität des erhaltenen Produkts wurden maßgeblich von der Reaktionszeit, der Enzymkonzentration und der Temperatur beeinflusst, wohingegen der Betalain-Gehalt maßgeblich von der Ascorbinsäurekonzentration abhing. Der pH-Wert sowie der Zusatz von Citronensäure hatten auf die Zielgrößen nur einen marginalen Einfluss.

Mittels modifizierten D-optimalen Versuchsplänen und einer quadratischen Regressionsanalyse konnte der Zusammenhang zwischen den Zielgrößen Betalain-

Retention, Betanin-Isobetanin-Retention, relative Viskosität, Filtrationsausbeute und Gesamtfarbabstand  $\Delta E$  und den signifikanten Einflussfaktoren (Reaktionszeit, Temperatur, Enzym- und Ascorbinsäurekonzentration) mathematisch beschrieben werden. Ein entwickelter, selbst programmierter Algorithmus ermöglichte die komplexe Auswertung mittels eines numerischen Verfahrens. Durch eine heuristische Optimierungsfunktion konnte anhand der Zielgrößen Betalain-Retention, Betanin-Isobetanin-Retention und relative Viskosität das Prozessoptimum (Temperatur: 7,9 °C, Reaktionszeit: 3 Tage, Ascorbinsäurekonzentration: 0,92%, Enzymkonzentration: 1%) bestimmt werden. Mit diesen Einstellungen wurde eine Viskositätsreduktion auf 50% des Ausgangswertes, eine Betalain-Retention von 80% und eine Betanin-Isobetanin-Retention von 25% erreicht.

Durch die Implementierung der optimierten Kaltenzymierung in den Gesamtprozess wurde ein entscheidender Schritt zur wirtschaftlichen Pitaya Verarbeitung beigetragen, da die Gesamtausbeute bei der Herstellung von Pitayasaft von 29–39% auf 48–60% bei gleichzeitig hohem Pigmenterhalt (80%) gesteigert werden konnte. Die Gewinnung der Samen als Nebenprodukt des Prozesses wurde ebenfalls stark vereinfacht, denn diese bleiben ohne Schleimstoffrückstände im Filtergewebe zurück. Die Konzentrierbarkeit der durch Kaltenzymierung hergestellten Säfte wurde im Labormaßstab für Voll- und Halbkonzentrate und im Technikumsmaßstab für Halbkonzentrate gezeigt. Der verwendete Fallfilmverdampfer (Technikum) war für die Herstellung von Vollkonzentraten nur bedingt geeignet.

Im Labormaßstab wurde darüber hinaus festgestellt, dass die Beschaffenheit der zur Konzentrierung verwendeten Säfte ein wichtiger Einflussfaktor für die Konzentrierung ist, denn die Farbe und der Betanin-Isobetaningehalt des unter optimierten Bedingungen hergestellten Saftes wurden im Labormaßstab weniger stark verändert als bei einem Vergleichssaft, der durch eintägige Enzymierung hergestellt wurde.

Künftige Forschungsvorhaben sollten Veränderungen in der Saftmatrix während der Kaltenzymierung untersuchen, da hierbei möglicherweise Wechselwirkungen von Betalainen mit Matrixkomponenten beobachtet werden können. Technologisch sollte eine Machbarkeitsstudie sowie eine folgende Optimierung der Fruchtpulverherstellung durch Sprüh- oder Gefriertrocknung durchgeführt werden. Im Anschluss sollte die Applikation der gewonnenen Fruchtpulver und -konzentrate in verschiedenen Lebensmitteln erprobt werden. Ergänzend hierzu sollten die Lagerfähigkeit und die Farbstabilität über längere Zeiträume hinweg bewertet werden.

## 6 Summary

Pitaya processing has been difficult due to the presence of mucilage in the pulp and the high seed content (between 4.6-8.30 (g/100g), which results in low yields during juice or pulp extraction (Esquivel, 2007). Achieving an optimization of an innovative kind of enzymatic liquefaction of Pitaya pulp, this study increased the profitability of pitaya processing and, moreover, the feasibility of juice concentration was shown.

Using low temperatures (4-12 °C) and longer reaction times (1-3 d) several enzyme preparations led to surprisingly good viscosity reductions of Pitaya pulp and at the same time to high betalain retentions. The contents of betanin and isobetanin were reduced during this “cold-enzymation”, probably due to a  $\beta$ -glycosidase activity in the preparations. In contrast, the phylloactin contents were apparently increased to 150%. Moreover, a blue shift of the CIE-L\*a\*b\* color values was observed. It could not be elucidated, if those color changes occurred due to changes in the pigment composition or changes in the juice matrix.

Conducting an enzyme screening, Pectinase 62L – P062L was found to be most suitable for enzymatic liquefaction of Pitaya pulp. Thereby viscosity was reduced to 51%, whereas 80% of the initial betalain content could be retained.

Using Pectinase 62L – P062L the significant influence factors of the cold-enzymation were selected. Filtration yield and relative viscosity after enzymatic treatment were significantly influenced by reaction time, temperature and enzyme concentration. Betalain contents showed a strong dependence from ascorbic acid concentration, whereas citric acid and pH-changes only had marginal influence.

Applying a modified D-optimal experimental design, interactions between the target values (relative viscosity, filtration yield, betalain retention, betanin-isobetanin retention, total color change) and the influence factors (reaction time, temperature, enzyme concentration, ascorbic acid concentration) were described mathematically. Optimization of factor parameters was achieved using a self-programmed algorithm based on numeric techniques. A heuristic optimization function used the target values betalain retention, betanin-isobetanin retention and relative viscosity to determine a process optimum (temperature: 7.9 °C, reaction time: 3 d, ascorbic acid concentration: 0.92%, enzyme concentration: 1%). At the optimum a viscosity reduction to 50% of the initial value and betalain retention of 80% and betanin-isobetanin retention of 25 % of the initial contents could be achieved.

Implementing the optimized cold enzymation into the Pitaya juice production process, the total process yield could be increased from 25-39% to 48-60% including a high betalain retention of 80%. Moreover, as a by-product the Pitaya seeds lost their mucilaginous capsule and could therefore simply be separated after juice filtration.

Concentration of the produced Pitaya juices was accomplished at a laboratory scale. At pilot plant scale the concentration to 33 °Brix was achieved, whereas the used fall film evaporator was not found to be suitable for the production of full-concentrates (65 °Brix). Furthermore, at laboratory scale the concentration of a juice, which was produced "as fast as possible" in one day, was compared to the concentration of a juice produced under optimized conditions. Using optimized or non-optimized pitaya juice was shown to be a significant influence factor on the concentration due to lesser color- and betanin-isobetanin-changes applying optimized juice.

Upcoming investigation efforts should elucidate the changes of the juice matrix and pigment pattern during cold-enzymation, since interactions between betalains and matrix components could possibly be observed.

From a technological point of view, the feasibility of spray- or freeze-drying should be shown. Finally, the application of the produced fruit powders and concentrates might be tested in different food systems. Complementary studies of the storability and the color stability over longer periods should be carried out.