

University of Kassel

***Faculty of Agriculture, International Rural Development and
Environmental Protection***

Thesis

**Post-harvest compositional changes of yacon roots
(*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) as
affected by storage conditions and cultivar**

Supervised by:

1. Prof. Dr. Andreas Bürkert
2. Dr. Michael Hermann
3. Dr. Sabine Golombek

Submitted by: Sophie Graefe

December 2002

This study was supported by the Vater und Sohn Eiselen-Stiftung Ulm

7 Summary

The present study intended to investigate the post-harvest compositional changes of the Andean root crop yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), a little known and under-utilized food crop even in its native environment. The main storage compounds in yacon are oligofructans (FOS), which are polymers of fructose the human body has no enzyme to hydrolyse, making it therefore a valuable foodstuff for diabetics. Yacon roots can be processed into various products such as a syrup with a low caloric value, which could gain in importance as an alternative sweetener for the booming health food market in the near future.

A total of three experiments was conducted to examine the impact of different storage conditions on the carbohydrate composition in three locally grown yacon cultivars. The first experiment addressed the traditional exposure of yacon roots to sunlight ("sunning"), which is a commonly performed practise in the Andes to increase the root's sweetness. The second experiment aimed at determining the influence of short-term storage in the shade under farmer's conditions at two altitudes in the Andean highlands (1,990 and 2,930 masl). Both experiments were carried out in the Central Peruvian Andes. The third experiment assessed the long-term storability of yacon during a time period of 90 days. This experiment was realised at two storage rooms with temperatures of 6 and 20°C at CIP in Lima. Samples were taken at different time intervals and analysed for sugar composition by enzymatic methods.

Depending on the cultivar FOS concentrations decreased during the sunning experiment of six days from 50-62% to 29-44% in the dry matter. The percentage of free sugars (fructose, glucose, sucrose) increased accordingly (from 29-34% to 45-51%). Due to strong dehydration losses the proportion of root dry matter increased from 11-14% for fresh roots to 20-24% over the duration of the experiment, leading to a slight increase of FOS in the fresh matter. During the short-term storage experiment on the other hand fresh matter losses were minimal. After six days of storage, FOS concentrations were lower at 1,990 m (36-48% of DM) than at 2,930 m (39-58% of DM). After twelve days FOS concentrations were nearly equal at both altitudes (27-39% of DM). In the long-term storage experiment the three yacon cultivars behaved differently. The FOS concentration of the "purple" cultivar decreased from 49 to 32% in the dry matter during 90 days of storage at 6°C, at 20°C decreases were minimal. In the "white" and the "yellow" cultivar an inverse processes occurred, as FOS concentrations which were around 50% of dry matter at the onset of the experiment tended to increase at both temperatures by about 2-8%age points during the duration of the experiment. The proportion of root dry matter increased to 19-25% at 6°C and to 27-31% at 20°C during 90 days. At 20°C a high percentage of decayed roots was observed already

after 30 days of storage. Packing material with paper as an inner and plastic as an outer layer was seen to perform best at 6°C.

The results indicate, that sunning as well as short-term storage under natural conditions reduce the FOS concentration in the yacon root dry matter within only a few days, leading to larger amounts of free sugars. The sunning of yacon roots before further processing could be recommendable, as it reduces the water content in the roots, making it more energy cost effective regarding the water removal during syrup making for example. Storage location to be chosen in highland environments should take into account the altitude related air temperature, as lower day and night temperatures at 2,930 m seemed to slow down the onset of the FOS conversion. If fresh yacon is only used to take full advantage of its high oligofructan concentration, it should be consumed or processed as soon as possible after harvest. Yacon processing requires an effective infrastructure in its areas of cultivation, allowing farmers to add value to their agricultural output. Whenever yacon is to be stored over a longer time period this should be preferably done under constant low temperatures and with packing material allowing sufficient respiration.

7 Resumen

El objetivo de este trabajo fue examinar el comportamiento físico-químico del yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.) durante su almacenaje. El yacón es una raíz andina muy poco cultivada, que se conoce por su alto contenido de oligofructanos (FOS). Los oligofructanos son hidratos de carbono que están constituidos por polímeros de fructosa, que no son metabolizados por las enzimas humanas. Esta propiedad hace que el yacón tenga un gran valor para los diabéticos. Con las raíces del yacón se puede producir un jarabe de bajo valor calórico, lo cual tendría importancia como endulcorante alternativo.

Para determinar la influencia de diferentes condiciones del almacenaje sobre la composición de los hidratos de carbono en tres variedades del yacón se realizaron tres ensayos. El primer ensayo se basó en el tratamiento del soleado, que es un método del procesamiento tradicional en los Andes, en el cual se exponen las raíces al sol durante unos días con el fin de aumentar su dulzura. El segundo ensayo se realizó con el objetivo de examinar el almacenaje de corta duración en la sombra bajo condiciones ambientales a dos altitudes en la Sierra (1,990 y 2,930 msnm). Los dos ensayos fueron realizados en los Andes Centrales de Perú. El tercer ensayo se dedicó al almacenaje de larga duración durante un período de 90 días y se efectuó en dos depósitos con temperaturas de 6 y 20°C en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima. Después de determinados periodos se tomaron muestras, que fueron analizadas por la composición de azúcares con métodos enzimáticos.

Durante el tratamiento del soleado el contenido de los FOS disminuyó en el transcurso de seis días de 50-62% a 29-44% en la materia seca (ms). El porcentaje de azúcares libres (sacarosa, fructosa y glucosa) incrementó en una proporción correspondiente (de 29-34 a 45-51% de ms). Debido a grandes pérdidas de agua en las raíces del yacón, el porcentaje de la materia seca aumentó de 11-14% a 20-24% durante el ensayo. Esto causó un ligero incremento en los FOS de la materia fresca. Por el contrario las pérdidas de la materia fresca durante el almacenaje de corta duración fueron bajas. A los seis días del almacenaje los contenidos de los FOS fueron inferiores a los 1,990 m (36-48% de ms) que a los 2,930 m (39-58% de ms). A los doce días en cambio los contenidos de los FOS se ajustaron a las dos altitudes (27-39% de ms). El almacenaje de larga duración manifestó efectos diferentes entre las variedades a la composición de los azúcares. Mientras que el contenido de los FOS en la variedad morada disminuyó de 49 a 32% en la materia seca a una temperatura de 6°C durante los 90 días, la pérdida a 20°C fue poca. En la variedad blanca y amarilla por el contrario se observó un comportamiento inverso, debido a que el contenido de los FOS subió por 2-8 puntos porcentuales a las dos temperaturas. El porcentaje de la materia seca incrementó a 19-25% a la temperatura baja y a 27-31% a la temperatura alta. A los 30 días

del ensayo a 20°C se observó una alta proporción de raíces podridas. Se manifestó que a 6°C el material de embalaje óptimo está constituido por una capa interior de papel y una capa exterior de plástico.

Los resultados indican que tanto el tratamiento del soleado como el de almacenaje a diferentes altitudes en la Sierra causan una conversión rápida de los oligofructanos a azúcares libres en la materia seca del yacón. Con respecto al almacenaje bajo condiciones campesinas se tiene que considerar los diferentes ambientes climáticos en los Andes. Las temperaturas promedio que están más bajas a los 2,930 m de altitud retardan el comienzo de la disminución de los FOS. En caso de que las raíces frescas sean utilizadas solamente por su alto contenido en FOS, el yacón se debería consumir o procesar lo más pronto posible después de la cosecha. Si se anticipa el tratamiento del soleado antes de procesar las raíces (por ejemplo a jarabe), se podrían reducir los gastos de energía necesarios para la extracción del agua. El procesamiento del yacón necesita una infraestructura conveniente en las comunidades campesinas, que permita a los agricultores obtener un beneficio directo de sus productos. En caso de que el yacón tenga que ser almacenado durante períodos largos, debería ser realizado con temperaturas bajas y con un material de embalaje que permite una suficiente respiración.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den lagerungsbedingten Inhaltsstoffveränderungen der andinen Wurzelknolle Yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl.), welche als eine marginale Kulturpflanze selbst in ihrem Herkunftsgebiet derzeit nur in geringem Umfang angebaut und genutzt wird. Der Hauptspeicherstoff für Kohlenhydrate in Yacon ist Oligofructose (FOS), ein Polymer aus Fructose, das im menschlichen Körper nicht metabolisiert werden kann und deswegen besonders für Diabetiker wertvoll ist. Yacon Wurzeln lassen sich in einem einfachen Prozess zu einem Sirup mit niedrigem kalorischen Wert verarbeiten, der als ein alternatives Süßungsmittel an Bedeutung gewinnen könnte.

In drei Experimenten wurde getestet, welchen Einfluss verschiedene Lagerungsbedingungen auf die Kohlenhydratzusammensetzung dreier lokal angebaute Yacon Sorten ausüben. Das erste Experiment basierte auf der in den Anden traditionell angewandten Methode die Wurzeln für einige Tage intensiver Sonneneinstrahlung auszusetzen, um die Süße von Yacon zu erhöhen ("Soleado"). Das zweite Experiment hatte zum Ziel, die kurzzeitige Lagerung unter kleinbäuerlichen Bedingungen auf zwei unterschiedlichen Höhenstufen (1,990 und 2,930 m üNN) in einer schattigen Umgebung zu testen. Beide Experimente wurden in einer ländlichen Region in den zentralen Anden Perus durchgeführt. Das dritte Experiment befasste sich mit der Langzeitlagerung von Yacon über einen Zeitraum von 90 Tagen und wurde in Lagerräumen mit Temperaturen von 6 und 20°C im Internationalen Kartoffelzentrum (CIP) in Lima realisiert. Zu festgelegten Zeitintervallen wurden Proben entnommen, welche basierend auf enzymatischen Analysemethoden auf ihre Kohlenhydratzusammensetzung untersucht wurden.

Abhängig von der Sorte nahmen die FOS-Konzentrationen während des Soleado-Experimentes innerhalb sechs Tage von 50-62% auf 29-44% in der Trockenmasse ab. Der Anteil an einfachen Zuckern (Fructose, Glucose und Saccharose) nahm in einem entsprechenden Verhältnis zu (von 29-34% auf 45-51%). Aufgrund starker Wasserverluste nahm der Trockenmasseanteil in den Wurzeln über die Dauer des Experimentes von 11-14% auf 20-24% zu, welches zu einem leichten Anstieg der FOS in der Frischmasse führte. Frischmasseverluste während des Kurzzeitlagerungsexperimentes waren hingegen minimal. Nach einer Lagerzeit von sechs Tagen waren FOS-Gehalte auf 1,990 m geringer (36-48% TM) als auf 2,930 m (39-58% TM). Nach zwölf Tagen glichen sich die FOS-Gehalte auf beiden Höhen jedoch an (27-39% TM). Die Langzeitlagerung zeigte starke sortenspezifische Auswirkungen auf die Zuckerzusammensetzung. Während in der „violetten“ Sorte die FOS-Konzentration bei einer Lagertemperatur von 6°C innerhalb 90 Tage von 49 auf 32% in der Trockenmasse sank, war bei 20°C nur eine geringe Verminderung festzustellen. In der

„weißen“ und „gelben“ Sorte fand hingegen ein umgekehrter Trend statt, da die FOS-Konzentrationen von 50% der Trockenmasse bei beiden Temperaturen während der Lagerdauer um 2-8 Prozentpunkte zunahmen. Der Trockenmasseanteil nahm über die Dauer des Experimentes zu, bei 6°C auf 19-25% und bei 20°C auf 27-31%. Bei einer Lagertemperatur von 20°C wurde bereits nach 30 Tagen ein hoher Anteil verdorbener Wurzeln festgestellt. Während der Lagerung bei 6°C wurde ein Verpackungsmaterial mit einer inneren Papier- und einer äußeren Plastikschiicht als ideal angesehen.

Die Ergebnisse zeigen, dass das traditionelle Soleado sowie die Lagerung unter natürlichen Bedingungen im Hochland innerhalb kurzer Zeit eine Umwandlung von FOS zu einfachen Zuckern in der Trockenmasse bewirken. Hierbei muss man nach den standortbedingtem Klimaverhältnissen differenzieren, da niedrigere Tages- und Nachttemperaturen auf 2,930 m den Beginn des FOS-Abbaus zu verzögern scheinen. Werden frische Yacon Wurzeln vor allem wegen ihrer hohen FOS-Konzentration genutzt, sollten die Wurzeln möglichst kurz nach der Ernte konsumiert oder verarbeitet werden. Eine weiteren Verarbeitungsschritten vorgelagerte Soleado-Behandlung könnte durch die dort stattfindenden Dehydrationsverluste den Energieaufwand für den Wasserentzug (z.B. bei Sirup-Gewinnung) senken. Dieses erfordert eine entsprechende Infrastruktur in ländlichen Regionen, die es Yacon anbauenden Kleinbauern ermöglicht, den Wert ihres Ernteproduktes zu erhöhen. Ist eine Lagerung von Yacon über einen Zeitraum von mehreren Monate nötig, sollte dieses unter konstant niedrigen Temperaturen mit atmungsförderndem Verpackungsmaterial geschehen.