



Met yacón de boer op

Vaststellen van de grenzen aan bruikbaarheid,
verwerkbaarheid en geschiktheid van yacón

Arnold Braaksma
Conny van der Heijden

Rapport 233

Met yacòn de boer op

**Vaststellen van de grenzen aan bruikbaarheid,
verwerkbaarheid en geschiktheid van yacòn**

Arnold Braaksma
Conny van der Heijden

Wageningen Universiteit en Researchcentrum
Agrotechnology and Food Sciences Group

Wetenschapswinkel Wageningen UR
April 2007

Rapport 233

Colofon

Met yacòn de boer op

Vaststellen van de grenzen aan bruikbaarheid, verwerkbaarheid en geschiktheid van yacòn

Opdrachtgever:

Stichting Climaxplant

Financiering:

Wetenschapswinkel Wageningen UR

Projectuitvoering:

Arnold Braaksma

Conny van der Heijden

Begeleidingscommissie:

Ir. G.J. Jansen, Stichting Climaxplant, Twello

T. van Heijningen, Eminent Food, Wateringen

J. Klercq, 't Diekhuus, Terwolde

M. Schipper, D'Oude Backerij, Oosthuizen

Ir. G. Straver, coördinator Wetenschapswinkel Wageningen UR

Dr. A. Braaksma, onderzoeker, Agrotechnology and Food Sciences Group, Wageningen UR

Ir. C. van der Heijden, projectleider, Agrotechnology and Food Sciences Group, Wageningen UR

ISBN: 90-8585-075-4

Omslag: Andrew Zeegers, Domino Design, Groningen

Lay-out: Hildebrand DTP, Wageningen

Druk: Grafisch Service Centrum Van Gils BV, Wageningen

www.wetenschapswinkel.wur.nl

Met yacòn de boer op

Vaststellen van de grenzen aan bruikbaarheid,
verwerkbaarheid en geschiktheid van yacòn

Rapportnummer 233

Arnold Braaksma en Conny van der Heijden, Wageningen, april 2007

Stichting Climaxplant

Vermeersweg 52
7391 JL Twello
E-mail: info@climaxplant.nl
www.climaxplant.nl

Stichting Climaxplant legt zich toe op de teelt en ontwikkeling van nieuwe gewassen en producten voor land- en tuinbouw. Ketenlang en sectorbreed, d.w.z. samenwerking met andere primaire producenten en met veredelaars, verwerkers en marketeers.

Agrotechnology and Food Sciences Group

Postbus 17
6700 AA Wageningen
Telefoon 0317 - 47 50 29
www.afsg.wur.nl

Agrotechnology and Food Sciences Group (AFSG) is een modern onderzoeksbedrijf, dat innovatief, marktgestuurd onderzoek doet voor het bedrijfsleven en de overheid. AFSG is trendsetter in de innovatie van toepassingsgericht en strategisch onderzoek op de gebieden technologie, processen en ketens. De kracht van het instituut is de potentie om duurzame, integrale oplossingen te genereren.

Het onderzoek beslaat de hele productieketen; vanaf consumentenbeleving van producten en logistiek, via productie, verwerking, kwaliteitsverbetering tot en met optimalisering van teelttechnieken.

Wetenschapswinkel Wageningen UR

Postbus 9101
6700 HB Wageningen
Telefoon: 0317 - 48 39 08
E-mail: wetenschapswinkel@wur.nl
www.wetenschapswinkel.wur.nl
www.wetenschapswinkels.nl

Maatschappelijke organisaties zoals verenigingen en belangengroepen, die niet over voldoende financiële middelen beschikken, kunnen met onderzoeksvragen terecht bij de Wetenschapswinkel Wageningen UR. Deze biedt ondersteuning bij de realisatie van onderzoeksprojecten. Aanvragen moeten aansluiten bij de werkgebieden van Wageningen UR: duurzame landbouw, voeding en gezondheid, een leefbare groene ruimte en maatschappelijke veranderingsprocessen.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	v
Voorwoord.....	vi
Samenvatting.....	viii
English Summary	ix
1 Inleiding	1
2 Bereiding.....	3
2.1 Verkleuring na snijden en raspen.....	3
2.1.1 Na snijden	3
2.1.2 Na raspen	4
2.2 Tegengaan van verkleuring	5
2.2.1 Zuurbehandeling	5
2.2.2 Blancheren.....	6
2.2.3 MA verpakken.....	8
2.3 Dressing	10
2.4 Frituren	10
2.5 Koken	12
2.6 Verwerking tot stroop.....	13
3 Suiker- en inulinegehalte.....	14
4 Discussie en aanbevelingen.....	17
Literatuurlijst.....	19

Voorwoord

Er is zoveel meer te genieten dan het beperkte aantal groenten dat in de schappen van de supermarkten ligt. Op die plaatsen wordt de variatie veelal gezocht door dezelfde groenten in verschillende vormen, gesneden of gewassen, aan te bieden. Stichting Climaxplant, bekend onder de publieksnaam Hof van Twello, weet dat er veel meer smaken zijn in de groenten. Soms gaat het om groenten uit verre streken, soms om groenten die van oorsprong in ons land voorkomen, maar bijna vergeten zijn.

Wij maken een selectie van groenten die lekker zijn en geschikt om te telen. Wat niet lekker is of onmogelijk voor de boer of tuinder heeft geen perspectief. Zo realistisch moet je ook zijn. Gelukkig blijft er genoeg over om toe te voegen aan ons menu. De meeste producten zijn eenvoudig klaar te maken.

Door deze aanpak weet 'Hof van Twello' boeren die niet meedoen aan de schaalvergroting een alternatief te bieden. De algemene boodschap aan boeren is dat uitbreiden noodzakelijk is om te overleven. Voor boeren met kleinere bedrijven is de diagnose van anderen dat ze maar snel moeten stoppen. Niet nodig, vindt 'Hof van Twello'.

'Hof van Twello' verenigt niet alleen productie (praktijktesten) en consumptie (streekwinkel) op één terrein, maar de doelstelling is ook om consumenten de boodschap over te brengen die Stichting Climaxplant uitstraalt. De locatie staat daarom open voor iedereen die wil komen kijken, proeven of ruiken. Er zijn diverse activiteiten (bijv. het blote voetenpad) en regelmatig zijn er open dagen.

Yacòn is een product dat aan alle eisen voldoet. Het is een wortel uit de Andes die op de Nederlandse markt nog erg onbekend is. Het product heeft een eigen, zoete smaak en is gemakkelijk te bereiden. Daarnaast is het product bekend in de diabetes wereld, als suikervervanger. Om de mogelijkheden van yacòn als gezonde aanvulling op het dagelijks eetpatroon verder te onderzoeken, hebben de Stichting Climaxplant en de Wetenschapswinkel van Wageningen UR hun krachten gebundeld. Uit deze samenwerking is veel extra kennis over yacòn naar voren gekomen die bij het verder in de markt zetten van dit product leidend zal zijn.

Gert Jan Jansen
Stichting Climaxplant

Dankwoord

Dit rapport vormt de afsluiting van het project 'Met yacòn de boer op'. De inhoud is mede tot stand gekomen door een aantal inspirerende discussies met de begeleidingscommissie. De onderzoekers zijn dan ook dank verschuldigd aan Gert Jan Jansen (Climaxplant), Ted van Heijningen (Eminent Food), Jan Klercq ('t Diekhuus) en Maarten Schipper (D'Oude Backerij) voor hun creatieve inbreng. Verdere willen wij Gerard Straver bedanken voor zijn altijd enthousiaste inbreng en ondersteuning die hij namens de Wetenschapswinkel van Wageningen-UR heeft geleverd.

Arnold Braaksma
Conny van der Heijden

Samenvatting

Yacòn is een multi purpose gewas dat zowel vers (knol) als verwerkt (knol, stengel, blad) gegeten kan worden maar bovendien akkerbouwmatige toepassingen kent als producent voor inuline (knol) en veevoer (blad en stengel). In dit project is de aandacht vooral op de knol gericht.

Yacòn is het best te vergelijken met knolselderij, waar eveneens een sterke verkleuring kan optreden. Het kan goed worden gecombineerd in gemengde salade, waar het enigszins grof kan worden gesneden. Om verkleuring tegen te gaan moet het wel eerst worden gedipt in citroensap of een zure dressing. Bij fijn snijden/raspen in sliertjes (vergelijk selderij-salade) dient ook citroenzuur aanwezig te zijn. Verkleuring kan ook worden tegengegaan door blancheren en daarna verwerken; de functie is dan meer decoratief, omdat het aspect van vrucht aroma van de smaak grotendeels wegvalt. Ook bij langer koken blijft de textuur gehandhaafd, maar de smaak wordt steeds neutraler hetgeen, afhankelijk van de toepassing, een voordeel kan zijn. Frituren is geen succes; er komt een duidelijke oliesmaak aan. Opvallend is wel dat door frituren de inuline afbreekt en daardoor veel fructose vrijkomt, waardoor de smaak een sterke associatie met rozijnen-oliebollen krijgt.

Door de inuline is yacòn een low-calorie gewas. Voor de glycemische index valt inuline onder de categorie vezels, hetgeen als gunstig wordt gezien in preventie van bepaalde vormen van kanker. Gezien het feit dat de yacòknol beschouwd mag worden als een caloriearm product, zeker vergeleken met de aardappel die vol zit met zetmeel, zou het wellicht mogelijk zijn een soort "aardappelpuree" te maken van de knol vergelijkbaar met recepten waarvoor bloemkool of knolselderij worden gebruikt. Het vruchtenaroma, dat in deze toepassing ongewenst is, verdwijnt bij het koken.

In tegenstelling tot cichorei, de huidige bron voor industriële inuline, wordt bij yacòn de ketenlengte van inuline tijdens bewaring niet aangetast. De geschatte ketenlengte van 3 is echter veel te laag om industrieel een interessant alternatief te vormen. Cichorei heeft namelijk een ketenlengte van 8 à 9. Daarnaast is het inulinepercentage van yacòn 5 à 7 procent, en dus laag tegenover een percentage van 16,5 procent in cichorei.

Niettemin heeft het product wel degelijk potentie, en zijn er wel een aantal kenmerken van yacòn geïdentificeerd die ieder hun bijdrage kunnen leveren aan de vermarkting van het product:

- Unieke zoete smaak voor wortelachtige producten.
- Beschikbaar als je vervangende smaken (peer, meloen) niet hebt in de winter.
- Unieke 'byte' indien gekookt. Als toevoeging in bijvoorbeeld soep.
- Yacòn levert fructosestroop en daarmee een andere zoetsensatie dan sacharosestroop uit suikerbieten.
- Door het laag-calorische gehalte potentie als zoetstof voor diabetici (niet in dit onderzoek meegenomen) of in de strijd tegen obesitas.

English Summary

Yacòn is a multi purpose plant which can be eaten raw (tuber) as well as processed (tuber, leaf). Furthermore, it is used as source for inulin (tuber) or as animal feed (tuber, leaf). This project is aimed mainly at the yacòn tuber.

Yacòn can be compared with celeriac, a product comparable due to its structure and to its tendency towards strong discoloration. It has potential as an ingredient in mixed salads, however, discoloration should be prevented for instance by dipping in citric acid or a dressing rich in acid. When it is finely cut or grated, comparable with celeriac salad, citric acid is a necessity. Discoloration can also be prevented by blanching. The role in salads etc is then more a decorative one, since the characteristic fruity aroma is lost upon blanching or cooking.

The texture is maintained, also by prolonged cooking, but the taste becomes more neutral, which might be an advantage dependent upon the application.

Frying is not to be recommended; it takes up a clear oily taste. This in combination with the destruction of inulin into fructose and glucose, gives the product a distinct taste of a fruity sweet flavour combined with an oily taste.

Yacòn can be considered as a low-calorie product. In terms of glycemic index the inulin can be regarded as fibre fraction and a fibre fraction has been considered as good in prevention of certain forms of cancer. Due to its low calorie content, yacòn might be used to make puree, comparable to puree from celeriac or cauliflower for reasons to lose weight. Certainly compared with mashed potatoes the calorie intake is much lower. The fruity flavour, unwanted in this application, will disappear during cooking.

In contrast to chicory, the current source for industrial inulin, the inulin chain length for yacòn remains the same during storage. The estimate chain length of 3 however, is too low to comprise an interesting alternative. The chain length of chicory is about 8 or 9. Furthermore the percentage of inulin in yacòn is 5 to 7 percent, whereas chicory contains 1.65 percent.

Nevertheless, the product is unique and has market potential. The following characteristics of yacòn have been identified:

- Special sweet taste for root-like products.
- Available during winter time, when alternatives (pear, melon) are not.
- Special 'bite' when cooked. As addition to for example soup.
- Yacòn provides fructose syrup and therefore a different sweet sensation than sucrose syrup from sugar beets.
- Because of its low-calorie nature, yacòn can be used as sweetener for diabetic (not part of this research) or in the battle against obesity.

1 Inleiding

Stichting Climaxplant legt zich toe op de teelt en ontwikkeling van nieuwe gewassen en producten voor land- en tuinbouw. Ketenlang en sectorbreed, d.w.z. samenwerking met andere primaire producenten en met veredelaars, verwerkers en marketeers. Ze beschikt over 18 ha cultuurgrond en een landwinkel waarin de eigen (nieuwe) producten en producten van andere producenten uit de streek worden verkocht. Climaxplant is lid van de Coöperatie Landwinkel Nederland, Slow Food Nederland en LTO Noord.

Climaxplant richt zich in haar onderzoek voornamelijk op een drietal soorten van producten: spijsolies, glutenvrije granen en zetmeeldragers (knollen en spekbonen). Wat betreft de zetmeeldragers richt Climaxplant zich deels op vergeten oude aardappelrassen en bonensoorten (spekbonen), maar ook op voor Nederland nieuwe knolgewassen afkomstig uit de Andes. Hieronder valt o.a. *Polymnia sonchifolia* (Yacòn).



Figuur 1: Foto van oogstrijpe yacòknollen.

Yacòn is een multi purpose gewas dat zowel vers (knol) als verwerkt (knol, stengel, blad) gegeten kan worden maar bovendien akkerbouwmatige toepassingen kent als producent voor inuline (knol) en veevoer (blad en stengel). In dit project is de aandacht vooral op de knol gericht.

Inhoudsstoffen

Inuline is zetmeel in de vorm van een polymeer die voornamelijk uit fructose bestaat. Omdat het menselijk lichaam geen enzym aanmaakt om inuline af te breken betekent dit dat Yacòn kan voorzien in de behoefte aan laagcalorische voedingsmiddelen en zoetstoffen, die bovendien geschikt zijn voor suikerpatiënten. In dit verband zien we ook de yacòn thee opduiken die gezet wordt van de bladeren van de plant. Er zijn inmiddels wel een aantal artikelen gepubliceerd (zie literatuurlijst) die trachten aan te tonen dat het product een bovenmatige hoeveelheid positieve stoffen bevat, maar voor zover wij hebben kunnen nagaan is er nog niet voldoende bewijs beschikbaar om de aanwezigheid van werkzame positieve stoffen te koppelen aan een gezondheidsbevorderende werking. Hiermee is het (nog) niet mogelijk om een gezondheidsclaim op yacòn te leggen.

Consumptie

Niettemin is yacòn een gezond product en in de sfeer van verwerking en marketing lijken er mogelijkheden om het product met succes een grotere bekendheid te geven. Binnen de verwerkingsmogelijkheden, kan er met name voor de marketing een belangrijke rol zijn weggelegd indien met yacòn ingespeeld kan worden in ontluikende trends zoals:

- Stijgende consumptie van groente en fruit als gezonde en lekkere snack tussendoor. Vooral het meegeven van een gezonde groentesnack aan kinderen voor op school wint aan populariteit.
- Strijd tegen obesitas, en het daarmee samenhangende stijgende verbruik van suikervervangers. Zou yacòn kunnen dienen als laagcalorische suikervervanger (in tegenstelling tot bijvoorbeeld aspartaan)?
- Consumenten staan meer open voor nieuwe en onbekende producten, en ontwikkelen als gevolg daarvan nieuwe smaakvoorkeuren met name bitter en pittiger.

Onderzoeksvragen

Climaxplant heeft het gewas nu 3 jaar op experimentele schaal verbouwd en geconcludeerd dat het gewas grote potentie lijkt te hebben voor ons klimaatgebied en derhalve mogelijk een rol kan spelen in het behoud van landbouw, werkgelegenheid en rendement op het platteland. Mits de meerwaarde die op basis van het product gerealiseerd kan worden in voldoende mate blijft toevallen aan de primaire producenten. Dat wil zeggen dat verwerking en afzet mede gestuurd en beheerd moeten blijven worden door de boeren zelf. Vandaar ook de wens tot kennisopbouw bij de laatsten.

Voor Climaxplant is het belangrijk dat het product voor meerdere toepassingen geschikt is (multi-purpose). Dit omdat het product naar verwachting voornamelijk in niche-markten gebruikt zal worden en deze markten vaak snel zijn verzadigd. Door meerdere doelmarkten te hebben wordt het makkelijker om richting de boeren de substantiële afzet te garanderen.

Doel van dit project is om te achterhalen wat er kooktechnisch mogelijk is met de yacònknol. Hierbij wordt gericht gekeken naar de grenzen van verwerkbaarheid, waardoor de toepassingsgebieden naar voren zullen komen. Daarnaast wordt gekeken of het suiker- en inulinegehalte dermate interessant is dat het gewas geschikt is voor industriële verwerking. Vragen rond andere onderwerpen zoals de daadwerkelijke productie en vermarkting zullen in een later stadium opgepakt worden, afhankelijk van de resultaten van dit project.

Op basis van de kennis tot nu leidt dit tot de volgende onderzoeksvragen:

1. Welke bewerkingsmethoden bieden potentie voor de consumptie van Yacòn? Hierbij wordt gekeken naar:
 - Ontwikkeling van smaak, inhoudsstoffen en textuur als functie van bewerking
 - Grenzen aan verwerkingsmethodes
 - Combinatie met andere ingrediënten
2. Is yacòn technisch geschikt voor de productie van inuline? Met andere woorden: Is yacòn technisch geschikt als vervanger voor cichorei, de belangrijkste bron voor inuline op dit moment in de industrie?

Om de grenzen van bruikbaarheid van de yacòn af te tasten is in de stuurgroep gekozen om het onderzoek te beperken tot effecten op het gewas bij:

- Snijden en verpakken van rauw product
- Bakken
- Frituren
- Combineren met dressing

2 Bereiding

Het uiterlijk van de yacòn is een onregelmatige knol/biet met een geel-bruine schilkleur. Door de onregelmatigheid blijft veel grond aan de knol hangen. Het schillen is afhankelijk van de vorm van de knol, al of niet makkelijk of ietwat lastiger. Onder de schil komt een helderwit vruchtvlees tevoorschijn, waarin vaatbundels zijn te zien. Als een vergelijking gemaakt moet worden op basis van uiterlijk op dit moment, dan zou het de selderijknol zijn, alhoewel de vorm van de yacòn veel vrijer is. De smaak doet denken aan vruchten en is verrassend. Er zijn omschrijvingen gemaakt als subtiel perzik- of meloenachtig. De textuur is als van een winterwortel, de kleur, zoals gezegd, meer als van knolselderij. Al met al een product met onverwachte combinaties.

Yacòn is zowel rauw als gekookt te consumeren. Hieronder zijn daarom voor beide manieren van consumptie een aantal bereidings- en bewerkingswijzen onderzocht. Voor het rauwe product is met name de verkleuring die plaatsvindt interessant. Voor het bewerkte product komt ook de smaak- en textuurontwikkeling aan de orde.

Voor onderstaande proeven is gebruik gemaakt van verse en bewaarde knollen. De bewaarde knollen zijn onderzocht aan het einde van de winter van 2006. Deze knollen zijn ingekuild bewaard na oogst in de herfst van 2005. De verse knollen zijn direct na oogst in oktober 2006 verwerkt.

2.1 Verkleuring na snijden en raspen

Een van de eerste stappen in de bereiding is verkleuring na snijden of raspen. Ook wordt gekeken of de verkleuring is tegen te gaan. Hiervoor zijn twee bekende (keuken)methoden gebruikt: citroensap en blancheren.

2.1.1 Na snijden

Van de rauwe knol zijn plakken gesneden van 2/3 mm dik. De verkleuring treedt direct in. In Tabel 1 is een beschrijving te vinden van de waargenomen verkleuring van zowel verse als bewaarde knollen.

Tabel 1: Verloop verkleuring van plakken yacòn.

Tijd	Verse knol	Bewaarde knol
Na 1 minuut	enige verkleuring zichtbaar	enige verkleuring zichtbaar
Na 2½ minuten	een groenige verkleuring zichtbaar	een bruinige verkleuring met een groene zweem zichtbaar, zoals bij verkleuring van een gesneden appel.
Na 5 minuten	verkleuring overduidelijk aanwezig, groen-bruin	verkleuring overduidelijk aanwezig, groen-bruin
Na 10 minuten	verkleuring wordt niet erger dan bij 5 minuten, bruin van tint	verkleuring wordt niet erger dan bij 5 minuten, bruin van tint

Als op de verkleurde plakken citroensap wordt aangebracht, verdwijnt de verkleuring niet geheel, ook niet na één uur, waarschijnlijk omdat het sap niet ver genoeg in het weefsel kan doordringen. Opvallend is dat er een groene zweem over de verkleuring heen ligt.

Hieronder zijn enkele foto's van één van de experimenten met verse knollen. De verkleuring is met het blote oog duidelijker dan fotografisch is vastgelegd. Ook komt de groenige verkleuring niet op de foto over.



verkleuring 1 minuut na snijden



verkleuring 2½ minuut na snijden



verkleuring 5 minuten na snijden



verkleuring 10 minuten na snijden

Figuur 2: Foto's van verkleuring na snijden van verse knollen na resp. 1, 2½, 5 en 10 minuten.

2.1.2 Na raspen

Het raspen is voor dit product een logische bereidingswijze. De textuur van de knol leent zich er goed voor, analoog aan wortelrasp en selderijrasp. Als rasp is een fijne keukenrasp gebruikt. In tegenstelling tot snijden is hier wel een verschil tussen de verkleuring van bewaarde en verse knollen.

Raspen is een handeling waarbij verkleuring door vergroting van het oppervlak sterker verwacht mag worden. De verwachting is dat citroensap, gezien de betere bereikbaarheid van het weefsel, effectiever is.

Tabel 2: Verloop verkleuring van geraspte yacòn.

Tijd	Verse knol	Bewaarde knol
Na 1 minuut	sterk groenig verkleurt	al sterk verkleurt, eerst bruin
Na 2 minuten	vrijwel gelijk	niet veel anders dan na 1 minuut
Na 3 minuten	intenser	wordt van overheersend bruin overheersend groen
Na 4 minuten	nog intenser, hierna verandert het niet veel meer. Blijkbaar is de activiteit van de (enzymatische) verkleuring zo hoog dat eerder een maximum wordt bereikt.	duidelijker groen
Na 5 minuten		intenser
Na 10 minuten		donkerder

Met bewaarde knollen is geen verschil waargenomen in verkleuring na het raspen tussen een kleine en een grote knol. De groene zweem is hier vanaf het begin aanwezig. Wordt aan de groene rasp citroensap toegevoegd, dan wordt de rasp weer wit. Bij verse knollen was de rasp niet geheel wit te krijgen, maar bleef het wat ecru/gebroken wit.



bewaarde knol geraspt



bewaarde knol geraspt na 15 minuten



bewaarde knol geraspt na 10 minuten



*bewaarde knol geraspt na 10 minuten met
citroensap*



verse knol geraspt na 15 minuten



*verse knol geraspt na 15 minuten met
citroensap*

Figuur 3: Foto's van verkleuring door raspen en het effect van citroensap.

2.2 Tegengaan van verkleuring

Hierboven is al kort aangegeven wat er gebeurt als opgetreden verkleuring wordt bestreden met citroensap. Voor gebruik in het supermarktkanaal is het van belang dat verkleuring helemaal niet optreedt.

2.2.1 Zuurbehandeling

Een van de bekendste manieren om bruinverkleuring tegen te gaan in gesneden appel, peer, knolselderij etc. is het besprenkelen met of dompelen in citroensap of vergelijkbaar zuur. Het zuur zorgt er voor dat door de lage pH het enzym polyfenoloxidase (PPO) wordt geïnactiveerd.

Plakken yacòn zijn gedipt in puur citroensap, 1:1 verdund in water, 1:5 en 1:10 verdund in water. De conclusie is dat de verkleuring ook al bij lage citroensapconcentraties is tegen te gaan. De 1:10 verdunning is iets te laag. De invloed van citroensap op de fruitige aspect van de smaak van de yacòn bij een 1:5 of 1:10 verdunning van citroensap is laag tot vrijwel afwezig.

In Figuur 4 is het effect van citroensap op de plakken na 15 minuten zichtbaar. Hierbij nog de opmerking dat door gebruik van puur citroensap het gerecht te zuur zal worden voor het doorsnee gebruik.



Effect van citroensap direct aangebracht na snijden in een concentratiereeks. In dit geval op verse knol.

Van boven naar beneden:

1:10 verdund citroensap met water

1:5 verdund citroensap met water

1:1 verdund citroensap met water

puur citroensap

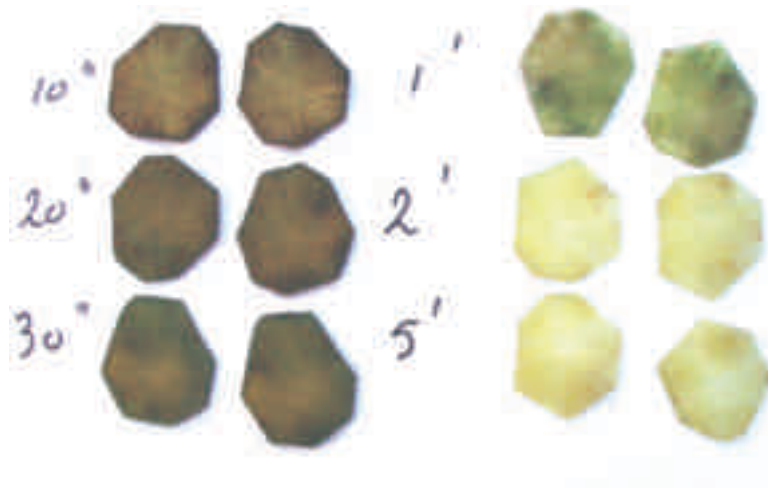
Figuur 4: Foto's van met citroensap besprenkelde plakken na 15 minuten.

2.2.2 Blancheren

Een andere manier om verkleuring tegen te gaan is kort koken en snel afkoelen in ijswater (blancheren). In Tabel 3 staan de resultaten van verschillende kooktijden, gevolgd door 30 seconden afkoelen in ijswater en 10-15 minuten laten liggen op kamertemperatuur. Opvallend is het verschijnsel bij verse knollen dat de verkleuring in eerste instantie groen is en pas veel later naar bruin gaat, zoals te zien is in Figuur 5. Nadeel van blancheren is dat de knapperigheid en het fruitaroma minder worden.

Tabel 3: Verkleuring van plakken yacòn na kort koken, 30 minuten ijswater en 10-15 minuten liggen bij kamertemperatuur.

Kooktijd	Verse knol	Bewaarde knol
10 seconden	Verkleuring groen	Verkleuring bruin
20 seconden	Verkleuring groen	Verkleuring bruin
30 seconden	Verkleuring groen	Verkleuring bruin
1 minuut	Lokaal licht groene plekjes	Verkleuring bruine/groene plekken
2 minuten	Verkleuring blijft uit	Nog licht bruine plekken
5 minuten	Verkleuring blijft uit	Verkleuring blijft uit.



Verkleuring na blancheren van bewaarde knollen; de vermelde tijd is de verblijftijd in kokend water (na 10 minuten laten liggen bij kamertemperatuur).



Verkleuring na blancheren van verse knollen na 15 minuten kamertemperatuur. De tijdreeks is gelijk aan die in bovenstaande foto. (Onderste plak is kleur direct na snijden)



Verkleuring na blancheren van verse knollen na 1½ uur kamertemperatuur. De tijdreeks is gelijk aan die in bovenstaande foto. (Onderste plak is kleur direct na snijden)

Figuur 5: Foto's na kort koken gevolgd door 30 seconden afkoelen in ijswater en daarna kamertemperatuur.

2.2.3 MA verpakken

Veel groentes worden tegenwoordig onder MA (modified atmosphere) verpakt. Dit houdt in dat het verpakte product onder een bepaalde atmosfeer wordt gebracht van een zekere gassamenstelling waarmee de ademhaling van het product wordt geremd en de kwaliteit en houdbaarheid verlengd. Bij MA verandert door de respiratie van het levende product de gassamenstelling. De verkleuring moet worden onderdrukt, de uitstraling moet die van een vers product zijn en de smaak behouden. Aangezien de aanbevolen gascondities voor verschillende groentes uitéén lopen van 2 tot 10% koolzuur en meestal 2% zuurstof, is een reeks gemaakt om na te gaan of yacòn ook gunstig reageert en daarmee bruikbaar zou zijn in gemengde salades.

De gebruikte knollen waren bewaarde exemplaren. De knollen zijn geschild, gewassen en gesneden en in koud (ijs)water kort bewaard tot het moment van verpakking.

De schijfjes zijn (in duplo) verpakt onder de volgende gascondities:

% zuurstof	% koolzuur
2	2
2	5
5	5
5	10
10	10

De restfractie van het gas is aangevuld met stikstof.

De schijfjes zijn bewaard bij 4°C; dit is wat aan de lage kant; voor de meeste salades wordt 7°C aangehouden. Bij bewaring bij 7°C zal het effect minder gunstig uitvallen. In alle gevallen trad binnen één dag verkleuring op richting bruin. Dat was na één dag ook "voltooid" dwz het werd niet erger, ook niet na 1 week bewaren.

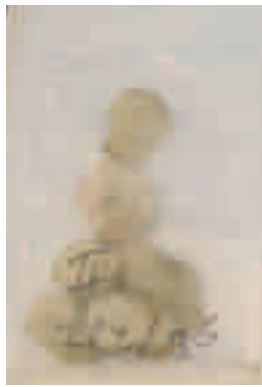
De gascondities in de verpakking zijn gemeten na de week bewaring (zie Tabel 4). Door de respiratie van de gesneden yacòn is de gassamenstelling dan veranderd.

Tabel 4: Gasconcentraties onder MA verpakking bij 4°C

% zuurstof bij verpakken	% koolzuur bij verpakken	% zuurstof na 1 week bij 4°C	% koolzuur na 1 week bij 4°C
2	2	0,3	7,8
2	5	3,0	4,2
5	5	0,8	11,4
5	10	0,3	13,1
10	10	2,0	13,1

Geconcludeerd kan worden uit deze proef dat in alle gevallen op twee na waar de sealnaad bleek te lekken, de zuurstofconcentratie gedaald is tot onder de 1% en dat het gehalte koolzuur in alle gevallen oploopt. Opvallend is dat ondanks de grote verschillen in gassamenstelling, de kwaliteit zoals op het oog is beoordeeld en geproefd geen grote verschillen te zien gaven.

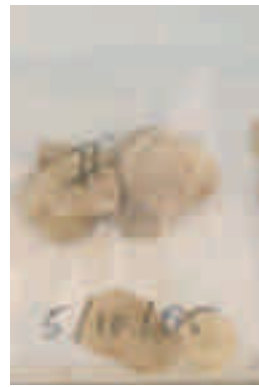
Om een indruk te krijgen hoe dit eruit ziet staan in Figuur 6 enkele foto's van de verpakkingen. De codes verwijzen naar de concentraties zuurstof/koolzuur/stikstof op het moment van verpakken.



2% zuurstof
2% koolzuur



2% zuurstof
5% koolzuur



5% zuurstof
5% koolzuur



5% zuurstof
10% koolzuur



10% zuurstof
10% koolzuur

Figuur 6: Vijf gasverpakkingsvarianten voor yacòn, verkleuring na 1 week bewaren op 4°C.

Resultaat beoordeling:

In alle gevallen was de smaak verrassend goed en de textuur blijft knapperig na één week.

Alle zakjes ruiken naar alcohol. Alle zakjes vertonen verkleuring. De verkleuring gaat door het hele schijfje heen en is niet beperkt tot de bovenlaag. Als de kleur echt goed bruin is, wordt het schijfje zacht.

In 2% O₂ / 5% CO₂ was de verkleuring een beetje richting groen i.t.t. de andere zakjes.

De conclusie is dat MA-verpakken geen succes is, niet eens zozeer door slechte smaakontwikkeling, maar wel door visuele aspecten. Als het bruikbaar is voor gemengde salades, dan zou een blancheerstap noodzakelijk zijn, zij het dat dan de verse smaak met fruitaroma verloren gaat.

2.3 Dressing

Voor salades is het belangrijk of na toevoegen van dressing het product nog acceptabel blijft. Het grote voordeel bij de yacòn is dat het zuur in de dressing de verkleuring kan tegengaan. Onbekend is wat de olie doet.

Er is een "algemene" dressing gemaakt van 60 g olijfolie, 15 g natuurazijn, 15 g witte wijn, enkele milliliters balsamico en citroensap. Hierin zijn de plakken yacòn gedompeld en er is gekeken wat het effect was. Na het dompelen waren de plakken geheel bedekt met dressing en werden regelmatig gekeerd. Na 30 minuten aan de lucht blootstellen nadat de dressing was aangebracht, was de textuur nog goed en na 1 uur ook, maar daarna gaat toch de verkleuring doorzetten. Het advies voor de yacòn in dit geval is dan ook niet te lang tevoren maken, of onder water houden (met iets van citroensap) of tevoren afspoelen met citroensap of kort koken (2 minuten) en goed afkoelen.

Met verse knollen was na 30 minuten een duidelijke verkleuring zichtbaar van de vaatbundels.

2.4 Frituren

Een bekende maar voor yacòn-achtige producten niet vaak toegepaste wijze van verwerken is frituren. Het is bij uitstek de wijze van verwerken die zich richt op snacks. Gezien de hoeveelheid glucose en fructose ligt bij yacòn een forse bruinverkleuring voor de hand, alhoewel die tevens afhankelijk is van aanwezig vrije aminozuren. De bruinverkleuring (Maillard-reactie) komt pas op gang boven de 140°C. Om die reden blijft de bruinverkleuring beperkt zolang er nog waterrijk weefsel in de kern aanwezig is, dat van binnenuit gaat koken en stoom (100°C) afgeeft aan de buitenste laag waar de bruining moet gaan plaats vinden.

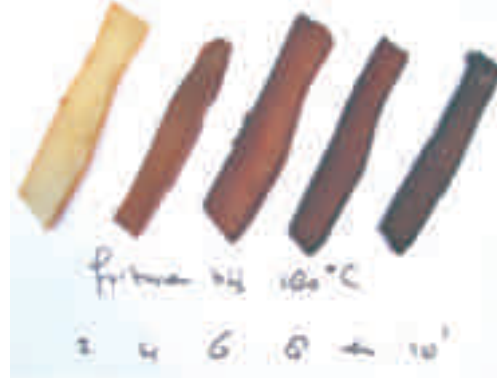
Beoordeling van zowel bewaarde als verse knollen bleek gelijklopende resultaten op te leveren (zie Tabel 5).

Tabel 5: Beoordeling van bewaarde en verse knollen na een variërende frituurtijd bij 180°C.

Frituurtijd	Resultaat
1 minuut	week, vet
2 minuten	frituursmaak begint zich te ontwikkelen
3 minuten	gaar, knapperig, frituursmaak
4 minuten	weinig verschil met 3 minuten
5 minuten	wordt iets bitter, maar niet onaangenaam en taai
6 minuten	bitter, taai
8 minuten	bitter, taai
10 minuten	zeer zoete smaak (afbraak van inuline)



bewaarde knollen; plakken 3-4 mm dik



bewaarde knollen; plakken 4-5 mm dik



verse knollen; plakken 3-4 mm dik



verse knollen; plakken 4-5 mm dik

Figuur 7: Foto's van gefrituurde (180°C) bewaarde en verse yacòn. De vermelde frituurtijden in de bovenste rij foto's (in minuten) zijn ook van toepassing op de onderste.¹

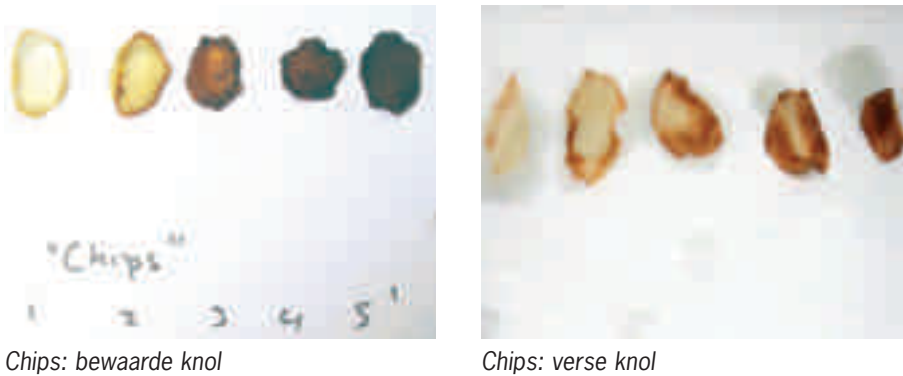
De smaaksensatie herinnert aan oliebolletjes met rozijnen; rozijnenzoet en olie. Dit betekent dat yacòn te gebruiken zou zijn als oliebol/appelflap ingrediënt, terwijl andere toepassingen in combinatie met frituren minder voor de hand liggen. Desalniettemin zijn ook "chips" gemaakt door dunne plakjes te snijden en te bakken tot het water is verdampt.

Voor de chips zijn dunne plakjes gesneden van <1 mm dik en gebakken.

Na ca. 3 minuten is het water verdwenen en kleurt het plakje bruin.

Beoordeling: Na 3, 4 en 5 minuten bakken zijn de plakjes knapperig, smaken zoet en niet bitter, alhoewel je dat wel zou verwachten. De reden zal gelegen zijn in een laag aminozuurgehalte waardoor er niet zozeer een maillard-reactie optreedt, maar een caramelisering van de aanwezige suiker. Er is in alle gevallen een sterke oliesmaak waarneembaar.

¹ NB: De eerste frituurtesten op bewaarde knollen zijn gefotografeerd met een verkeerde camera-instelling, vandaar de afwijkende kleuren. De beelden van de testen op verse knollen zijn beter in overeenstemming met de werkelijkheid en lijken niet af te wijken van die van de bewaarde knollen.



Chips: bewaarde knol

Chips: verse knol

Figuur 8: Foto's van chips-baktesten op verse en bewaarde yacòn. Vermelde frituurtijden in linker foto (in minuten) zijn ook van toepassing op de rechter foto.¹

2.5 Koken

Een gebruikelijke methode van klaarmaken is koken. Ook voor de yacòn is gekeken wat koken voor effect heeft. Het te verwachten effect is op textuur (wordt het weefsel zachter, valt het uit elkaar?) en op smaak. Tabel 6 geeft de beoordeling van de resultaten.

Tabel 6: Beoordeling van yacòn na koken, met variërende kooktijd.

Kooktijd	Resultaat
5 minuten	groot deel van de textuur is weg, met name het knapperige; het blijft stevig maar verder weinig smaak overgebleven; het is overduidelijk een gekookt product met een ietwat weeige smaak.
10 minuten	het knapperige aspect is nu totaal verdwenen, zacht van structuur, wel stevig, weinig smaak
Na 15 minuten	als bij 10 minuten maar wel duidelijk licht zoet van smaak
Na 20 minuten	het is nog stevig weefsel, dwz het valt niet uit elkaar, maar geen smaak overgebleven. De smaak doet wat aan gekookte aardappel denken, maar dan zonder het aardappelaroma.

Opvallend is dat het kookwater groenig wordt als bewaarde knollen worden gekookt en ronduit groen bij verse knollen. In beide gevallen kan het helder worden gemaakt met wat citroensap. Voor verse knollen is overigens meer citroensap nodig dan voor bewaarde knollen om het helder te krijgen.

Ter vergelijking hieronder een foto na het blancheren van verse knollen; de pan links is ijswater, rechts is de pan waarin de plakken kort werden gekookt.



Figuur 9: Verkleuring van het kookwater; koud ijswater verkleurt niet (linker pan), warm water wel (rechter pan).

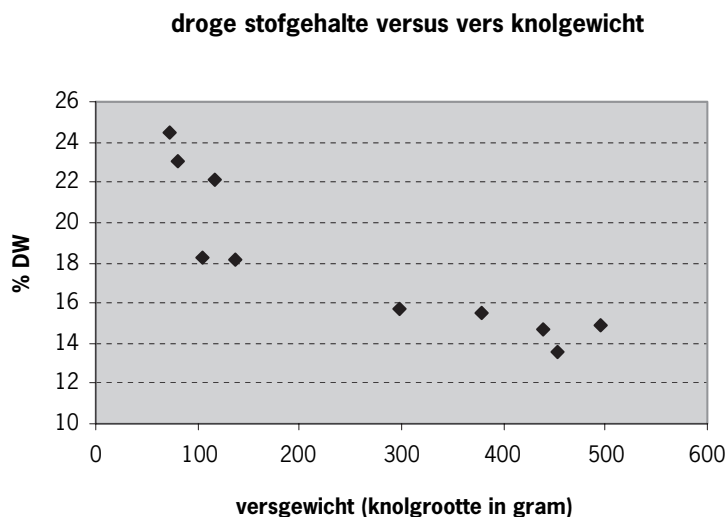
2.6 Verwerking tot stroop

Tijdens de loop van het project kwam de vraag ter tafel of het in principe ook mogelijk zou zijn een stroop van de yacòn te maken. Daarvoor is literatuur geraadpleegd om te zien tot welke gehalten men zou moeten inkoken. Het blijkt dat voor het verwerken tot een stroop een suikergehalte van ca. 70% wordt nagestreefd. Dit gehalte komt overeen met gehalten zoals genoemd voor stropen op basis van appelstroop en stroop op basis van maïs en maple (USA) en voor stroop bedoeld voor pannenkoeken. Dit gehalte kan worden bereikt door inkoken met citroensap van de gemoeste wortel waardoor het inuline zal afbreken tot fructose en glucose. Bovendien zal de toevoeging van citroensap en -rasp het pectinegehalte verhogen waardoor de gelering sterker wordt. Bij toevoeging van (riet-)suiker hoeft minder ver te worden ingekookt. Zonder toevoeging van suiker zal de moes van verse wortel toch tot 10% moeten worden ingedampt en bij de bewaarde wortel tot 20%. Aangezien het op voorhand moeilijk lijkt dit gehalte alleen met gemoeste wortel te bereiken, is de verwachting dat toevoegen van water, citroensap en -rasp bij koken noodzakelijk zal zijn en daarmee ook een zekere hoeveelheid (riet-)suiker om het gehalte van 70% te bereiken. De smaak van de stroop zal waarschijnlijk te vergelijken zijn met die van appelstroop, danwel iets fruitiger door het relatief hoge gehalte van fructose.

3 Suiker- en inulinegehalte

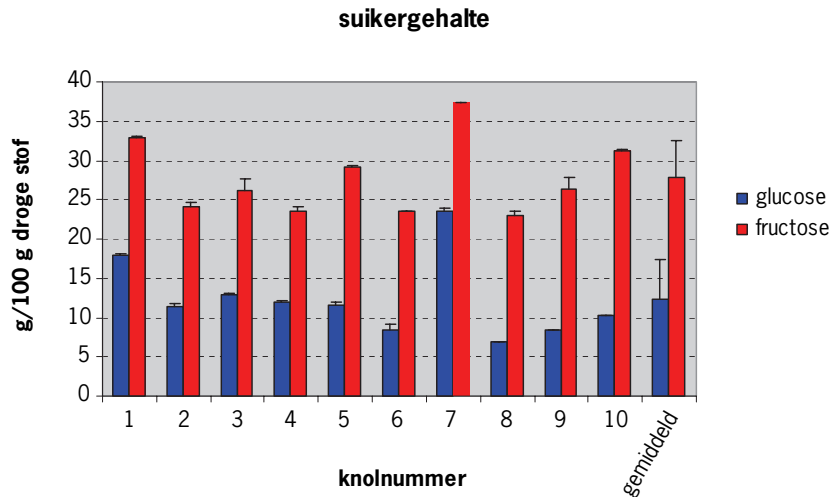
De yacòn is een product dat een uitgesproken zoete smaak heeft en inuline bevat. Inuline wordt industrieel gewonnen uit de chichoreiwortel voor toepassing in de voedingsindustrie, o.a. als vetvervanger in "light products". Inuline is een polymeer van fructosemoleculen met aan het uiteinde één glucosemolecuul. De lengte kan variëren, afhankelijk of de chichorei vroeg of later wordt geoogst. Bij te korte lengtes (3 à 4 fructoses) is het alleen nog maar bruikbaar om de inuline te destrueren en er fructosestroop van te maken. Om na te gaan of de yacòn een alternatief zou kunnen zijn voor de chichorei zijn zowel verse als bewaarde knollen geanalyseerd op suiker (glucose, fructose en sucrose) en op inuline.

Er zijn 10 bewaarde knollen gevriesdroogd en vermalen. De keuze is gemaakt tussen 5 kleinere en 5 grotere knollen. Dit om tevens na te gaan of er verschillen zijn in gehalten bij kleine knollen of volgroeide, grotere knollen. In onderstaande grafiek wordt direct duidelijk dat er qua droge stofgehalte verschillen zijn.



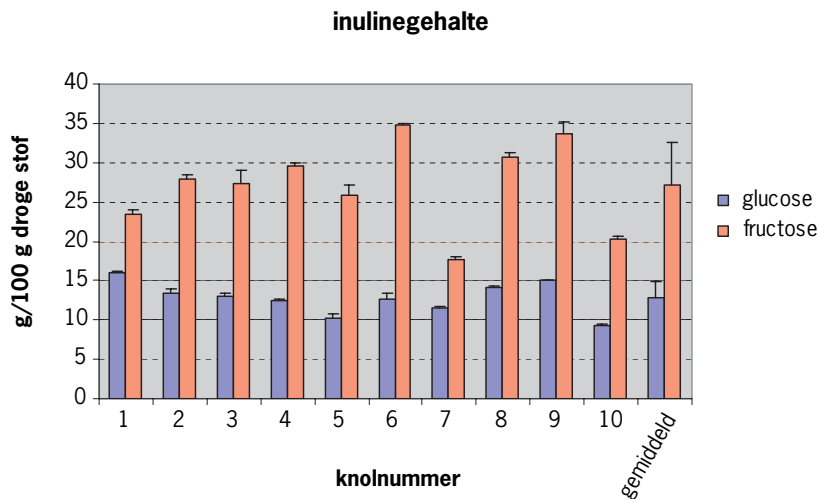
Figuur 10: Droge stofgehalte van verse knollen afgezet tegen het knolgewicht.

Het vrije suikergehalte, uitgedrukt in glucose- en fructosegehalte (sucrose is niet of nauwelijks aanwezig) staat weergegeven in onderstaande grafiek. De standaard-afwijking op de staafjes van 1 t/m 10 is de variatie van de meting. Van staafje elf is dat het gemiddelde gehalte van de tien knollen en bijbehorende standaardafwijking.



Figuur 11: Gemeten suikergehalte voor 10 bewaarde knollen; de laatste twee kolommen geven de gemiddelde waarde over de 10 knollen.

Het inulinegehalte wordt bepaald na destructie van het inuline in de afzonderlijke componenten fructose en glucose. De bepaling op glucose en fructose wordt opnieuw uitgevoerd en het gehalte inuline berekend na aftrek van het vrije glucose- en fructosegehalte. Het inulinegehalte, eveneens uitgedrukt in glucose- en fructosegehalte na inulinedestructie, staat in onderstaande grafiek. De standaardafwijkingen in de figuur geven hetzelfde weer als bij de voorgaande figuur van vrije glucose en fructose.



Figuur 12: Gemeten inulinegehalte voor 10 bewaarde knollen; de laatste twee kolommen geven de gemiddelde waarde over de 10 knollen.

Aan het eind van de X-as van beide grafieken staat de gemiddelde waarde. Het is duidelijk dat waar in droge stofgehalte wel verschillen waren tussen kleine en grote knollen, dit in de suiker- en inulinegehaltes niet naar voren komt. Dat is gunstig, omdat dus niet gericht geteeld hoeft te worden op grote of kleine knollen. De verschillen in droge stofgehaltes zouden toegeschreven kunnen worden aan het feit dat het langbewaarde knollen zijn geweest en kleinere knollen relatief sneller indrogen dan grotere exemplaren. Het is opvallend dat er überhaupt nog inuline aanwezig is; met cichorei was dit niet gelukt. Aangezien de structuur van inuline bestaat uit een (al of niet vertakte) polymeer van fructose met aan het uiteinde een glucosemolecuul, is de verwachting

dat de gemiddelde ketenlengte uit 3 fructosemoleculen zal bestaan. Dit maakt de yacòn als bron voor industrieel te winnen inuline hoogst waarschijnlijk ongeschikt, omdat daar langere ketens van inuline gewenst zijn.

De analyse is op verse knollen herhaald, nu als één mengmonster van 10 knollen. Ter vergelijking van bewaarde en verse knollen staan in onderstaande tabel de waarden van de suiker- en inulinegehaltes van verse en bewaarde knollen naast elkaar.

Tabel 7: Gemiddelde gehalten voor suiker en inuline gemeten op verse en bewaarde knollen.

	verse knollen	bewaarde knollen
totaal gehalte inuline (fructose + glucose)		
(g/100g droge stof)	56,31	39,93
(g/100g vers)	5,25	7,31
geschatte ketenlengte	3	3,1
droge stofgehalte (%)	9,3	18,3
glucose		
(g/100g droge stof)	9,14	12,35
(g/100g vers)	0,85	2,26
Fructose		
(g/100g droge stof)	8,41	27,78
(g/100g vers)	0,78	5,08

Het droge stofgehalte ligt in bewaarde knollen hoger. De voor de hand liggende verklaring hiervoor is indroging tijdens de (lange) bewaring.

Ook het glucose- en fructosegehalte is in bewaarde knollen hoger dan in verse, resp. 2,7 en 6,5x meer. Dit verschijnsel dat ouder, bewaard product door afbraak van de reservestof (inuline in dit geval) een hogere concentratie heeft van suikers, komt vaker voor bij andere gewassen. Op basis van droge stof zijn de gehalten resp. 1,4 en 3,3x zo hoog in de oude ten opzichte van de verse knollen.

In tegenstelling tot cichorei wordt bij yacòn de ketenlengte van inuline tijdens bewaring niet aangetast. De geschatte ketenlengte van 3 is echter veel te laag om industrieel een interessant alternatief te vormen. Cichorei heeft namelijk een ketenlengte van 8 à 9. Daarnaast is het inulinepercentage van yacòn 5 à 7 procent, en dus laag tegenover een percentage van 16,5 procent in cichorei.

4 Discussie en aanbevelingen

De wetenschapswinkel is dit onderzoek gestart omdat yacòn potentie leek te hebben als nieuw onderscheidend product voor de Nederlandse markt, gebaseerd op kleinschalige teelt door boeren die niet in eerste instantie streven naar massaproductie.

Zoals in hoofdstuk 3 valt te lezen moet de vraag of yacòn te gebruiken is als bron voor de industriële productie van inuline negatief beantwoord worden. Ook geven de resultaten niet direct de mogelijkheid om een gezondheidsclaim op yacòn te leggen. Niettemin heeft het product wel degelijk potentie, en zijn er wel een aantal kenmerken van yacòn geïdentificeerd die ieder hun bijdrage kunnen leveren aan de vermarkting van het product:

- Unieke zoete smaak voor wortelachtige producten.
- Beschikbaar als je vervangende smaken (peer, meloen) niet hebt in de winter.
- Unieke 'byte' indien gekookt. Als toevoeging in bijvoorbeeld soep.
- Yacòn levert fructosestroop en daarmee een andere zoetsensatie dan sacharosestroop uit suikerbieten.
- Door het laag-calorische gehalte potentie als zoetstof voor diabetici (niet in dit onderzoek meegenomen) of in de strijd tegen obesitas.

Gezien de ervaring bij de testen is yacòn het best te vergelijken met knolselderij, waar eveneens een sterke verkleuring kan optreden. Het kan goed worden gecombineerd in gemengde salade, waar het enigszins grof kan worden gesneden bij verse toediening (eerst gedipt in dressing/citroensap). Bij fijn gesneden of geraspt in sliertjes (vergelijk selderijsalade) dient ook citroenzuur aanwezig te zijn. In het laatste geval kan ook worden gekozen om kort te koken en af te koelen en daarna te verwerken; de functie is dan meer decoratief, omdat het vrucht aroma-aspect van de smaak grotendeels wegvalt. Het zou aantrekkelijk zijn om yacòn te kunnen verwerken in bepaalde kant-en-klare gemengde salades, maar een speciaal procédé zal ontwikkeld moeten worden om verkleuring en smaakverlies van de totale salade tegen te gaan.

Yacòn is een product dat een zekere afname zal vinden in het natuurvoedingskanaal, mits biologisch geteeld. Een kleine maar constante markt zou dan ontstaan door toevoeging in biologische groentetassen. Het voordeel is dat de knol, mits goed bewaard jaarrond aan te bieden is.

Zoals reeds in de inleiding genoemd is er een trend in de consumptie van groentesnacks. Op dit moment worden bijvoorbeeld appelpartjes aangeboden als kant-en-klare hapjes in zakjes onder hoog zuurstof om verkleuring tegen te gaan. De komende tijd zullen zeker meer van dit soort producten, deels met name gericht op kinderen, een plaats in de markt gaan verwerven. Door de zoete smaak van rauwe yacòn kan het op een vergelijkbare manier worden aangeboden.

Yacòn is een low-calorie gewas, omdat het menselijk lichaam niet veel kan met inuline. De afbraak van inuline die in de darm plaats vindt, is door bacteriën hetgeen flatulatie in de hand kan werken. Voor de glycemische index valt inuline onder de categorie vezels, hetgeen als gunstig wordt gezien in preventie van bepaalde vormen van kanker. Gezien het feit dat de yacònknoel beschouwd mag worden als een caloriearm product, zeker vergeleken met de aardappel die vol zit met zetmeel, zou het wellicht mogelijk zijn een soort "aardappelpuree" te maken van de knol vergelijkbaar met recepten waarvoor bloemkool of knolselderij worden gebruikt. Het vrucht aroma, dat in deze toepassing ongewenst is, verdwijnt bij het koken.

De vezels van Yacòn vormen ook een waardevolle aanvulling voor producten als fruit-to-day. Dat Yacòn bij langer koken zijn smaak verliest is ook daar juist gunstig.

Direct frituren is geen succes, zowel door de weinig aangenaam verrassende smaak als door uiterlijk. Het product zuigt goed olie op; dit gecombineerd met de vruchten-zoete (rozijnen) smaak doet denken aan oliebolletjes. De oliesmaak is echter wel te sterk. Wellicht dat frituren in een deegjasje wel kan, zij het dat verkleuring door voorbehandeling moet worden tegen gegaan (bv. kort koken en/of citroensap). Door de oliebolachtige smaak van gefrituurde yacòn zou deze vorm nog ingezet kunnen worden in het glutenvrije segment.

Op internet is reeds een levendige handel in yacòn producten te vinden. Het betreft daarbij voornamelijk geconcentreerde producten: zoetjes en pillen. Ook yacònthee wordt ruim aangeboden. De consumptie van yacòn wordt gestimuleerd door een aantal claims waaronder een effectieve werking tegen diabetes, een cholesterol verlagende werking en een positieve invloed op de werking van de dikke darm. Bewijs voor de betrouwbaarheid van deze claims ontbreekt echter bij alle aanbieders.

Op basis van voorgaande is het voorlopig aan te raden de smaak en textuur van yacòn als uitgangspunt te nemen in de positionering van het product. Hierbij kan gedacht worden aan zowel de directe consumptie van het product als aan de toepassing als zoetstof. In beide gevallen moet de naam yacòn herkenbaar op de verpakking staan. In essentie heeft yacòn het namelijk in zich om een product meer cachet te geven, en daarmee dus meerwaarde te creëren. Anders dan bijvoorbeeld knolselderij is yacòn een knol die geen knol hoeft te heten.

Literatuurlijst

Hieronder volgt een aantal wetenschappelijke artikelen waarin onderzoeksresultaten met betrekking tot yacòn worden gepresenteerd. Deze artikelen vormen een kleine greep uit de lijst met beschikbare artikelen. Het artikel van Genta e.a, 2005 toont via een onderzoek met ratten aan dat consumptie van yacòn niet schadelijk is. De rest van de artikelen gaat in op verschillende inhoudsstoffen.

Genta, Susana B., Wilfredo M. Cabrera, Alfredo Grau and Sara S. Sanchez,
Subchronic 4-month oral toxicity study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats
(2005) *Food and Chemical Toxicology*, 43 (11), pp. 1657-1665.

Horajsová, Z., Cusimamani, E.F., Viehmannová, I., Škarková, L.
Content of saccharides in selected cultivars and products of yacón [Obsah sacharidů u vybraných kultivarů a produktů jakonu]
(2006) *Listy Cukrovarnické a Reparské*, 122 (12), pp. 326-327.

Lachman, J., Fernández, E.C., Orsák, M.
Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use - A review
(2003) *Plant, Soil and Environment*, 49 (6), pp. 283-290.

Moscatto, J.A., Borsato, D., Bona, E., De Oliveira, A.S., De Oliveira Hauly, M.C.
The optimization of the formulation for a chocolate cake containing inulin and yacón meal
(2006) *International Journal of Food Science and Technology*, 41 (2), pp. 181-188.

Pedreschi, R., Campos, D., Noratto, G., Chirinos, R., Cisneros-Zevallos, L.,
Andean yacón root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics
(2003) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (18), pp. 5278-5284

Simonovska, Breda , Irena Vovk, Samo Andresek, Katerina Valentova and Jitka Ulrichova,
Investigation of phenolic acids in yacón (*Smallanthus sonchifolius*) leaves and tubers
(2003) *Journal of Chromatography A*, 1016 (1), pp. 89-98.

Valentová, K., Lebeda, A., Doležalová, I., Jirovský, D., Simonovska, B., Vovk, I., Kosina, P., Gasmanová, N., Dziechciarková, M., Ulrichová, J.
The biological and chemical variability of yacón
(2006) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (4), pp. 1347-1352.

