

Het fruit van de gewone pawpaw (*Asimina triloba*): de optimale wijze van oogsten en bewaren

Een scriptie over de fysiologische processen van de rijping in
het fruit en de beste manier en tijd van oogst en de beste
manier van bewaring.

Laura Wijnoltz

4-6-2016



Het fruit van de gewone pawpaw (*Asimina triloba*): de optimale wijze van oogsten en bewaren

Laura Wijnoltz

Toegepaste Biologie

CAH Almere

04-06-2016

Afstudeerdocent: Wieneke van der Heide



Voorwoord

Dit verslag is geschreven na aanleiding van mijn bedrijfsopdracht bij kwekerij De Groene Prins. Hier heb ik kennis gemaakt met de pawpaw en zijn eigenaardigheden en zo ben ik op het probleem gestuit van de slechte houdbaarheid van de vruchten. Zonder de opdracht daar was dit verslag ook nooit tot stand gekomen en daarom wil ik de heer Hans Prins graag bedanken dat hij mij een opdracht heeft gegeven in de pawpaw.

Ook wil ik Wieneke van der Heide bedanken dat ze mijn afstudeercoach wilde zijn en in de steun en hulp die ik van haar kreeg.

Ik hoop dat u dit verslag met veel plezier zult lezen en dit bijzondere en lekkere fruit nooit zult vergeten.

Samenvatting

De gewone pawpaw (*Asimina triloba*) is een fruitboom die van oorsprong te vinden is in Noord-Amerika. Deze soort is de enige in de *Annonaceae* familie die kan overleven in een gematigd klimaat. Het fruit van de pawpaw is zeer gezond en heeft een tropische smaak, maar omdat het erg slecht houdbaar is, is het nog niet op de commerciële markt te koop.

Het fruit van de pawpaw is, net als zijn familieleden, een climacterische vrucht. Dat wil zeggen dat het fruit, als het geplukt is, een zeer hoge ademhaling heeft en een hoge etheen productie die zichzelf versterkt. In tegenstelling tot de rest van de *Annonaceae* familie heeft de pawpaw, net als de custardappel (*Annona squamosa*) maar een ademhalingspiek en etheenpiek in plaats van twee.

Tijdens het plukken van het fruit moet er gezorgd worden dat het fruit al aan het rijpen is. Onrijp en onvolwassen fruit rijpt niet verder als het van de boom af is en is dus niet geschikt voor consumptie. Als het fruit rijp is kleurt het bij sommige cultivars van groen naar iets geler, maar deze visuele kenmerken zijn vaak niet tot nauwelijks zichtbaar met het blote oog. De beste manier om te bepalen of het fruit rijp is, is door het fruit te voelen. Rijp fruit wordt zachter naarmate het rijper wordt en door er zachtjes in te knijpen kan er bepaald worden of het fruit geplukt kan worden. Er moet wel opgelet worden dat er geen beschadigingen of kneuzingen ontstaan door het knijpen in het fruit, aangezien dit de houdbaarheid verkort.

Het zachter worden van de vrucht is te danken aan vier enzymen die tijdens de rijping gevormd worden: polygalacturonase (PG), cellulase, pectin methylesterase (PME) en endo- β -mannanase (MAN). PG wordt gevormd aan het beginstadium van de rijping en neemt aan het eind van het rijpingsproces weer af. Dit enzym breekt pectine in de celwand van plantencellen af. Cellulase wordt ook aan het begin van de rijping gevormd en werkt mee aan de afbraak van hemicellulose. Ook het enzym PME wordt tijdens het begin van de rijping gevormd, maar eerder dan PG en cellulase, en neemt tijdens het rijpingsproces af. PME is verantwoordelijk voor het afbreken van het ester pectine wat te vinden is in de celwand. MAN wordt als laatste van deze vier enzymen gevormd en kan gerelateerd worden aan een reorganisatie van hemicellulose.

Als het fruit rijpt worden er extra oplosbare vaste stoffen gevormd en ook de productie van ethyl en methyl esters neemt toe. Deze esters zorgen voor het aroma en de smaak van het fruit. Omdat het fruit climacterisch is gaat de productie van CO₂ en etheen ook omhoog tijdens de rijping.

Het aantal fenolen in het fruit blijft gelijk tijdens de rijping, maar de hoeveelheid flavonoïden neemt af tijdens de rijping.

Om het fruit op de commerciële markt te krijgen moet het eerst aan een aantal criteria voldoen, namelijk:

- Het fruit moet na de oogst minstens 1 week bewaard kunnen worden,
- De voedingsstoffen in het fruit moeten bewaard blijven tijdens de opslag,
- Het fruit moet in de winkel minstens twee weken kunnen liggen.

Voor de extractie van de werkzame stoffen zijn de bewaarcriteria eenvoudiger, als de stoffen eenmaal uit de vrucht zijn gehaald zijn ze in de vriezer eenvoudig te bewaren. Als de stoffen een lange tijd bewaard moeten worden kunnen ze bevroren worden tot -80°C zonder dat de stof aan werkzaamheid verliest.

Er zijn verschillende methoden om fruit en groenten te bewaren. Er kan gebruik gemaakt worden van koude bewaring, waarbij het fruit voor een bepaalde tijd de koeling in gaat. Een andere veel gebruikte methode is controlled atmosphere bewaring. Het fruit wordt dan in een gasdichte koelcel geplaatst waar een lage concentratie aan zuurstof en etheen en een hoge concentratie aan koolstofdioxide wordt gehandhaafd. Een bewaarmethode die veel op de controlled atmosphere methode lijkt is de ultralow oxygen bewaring. Bij deze methode wordt het fruit ook bewaard in een gasdichte ruimte met een lage concentratie aan zuurstof en een hoge concentratie CO₂, maar op een veel extremer niveau. Soms zelfs met zuurstofpercentages van minder dan 1% deze methode wordt vooral gebruikt voor lange bewaring. Een methode die hier weer op lijkt is de luchtdruk bewaring. Deze methode werkt ook met een lage concentratie zuurstof, maar dit wordt gehandhaafd aan de hand van een lage luchtdruk. Omdat deze methode relatief duur is wordt hij niet meer toegepast. Een laatste methode die bij de teler gebruikt kan worden is bewaren met behulp van hormonen. Bepaalde plantenhormonen zoals gibberelline remmen de etheen productie als het op het fruit wordt gespoten.

Een methode die gebruikt kan worden om het fruit in de winkel langer te bewaren is het fruit verpakken. Door het fruit eerst te behandelen met 1-MCP, een stofje dat de etheenproductie in het fruit remt, en het vervolgens te verpakken in een modified atmosphere verpakking, waarbij het fruit wordt geseald in een polymeer vlies om de zuurstof en koolstofdioxide niveaus in de verpakking te controleren, kan het fruit in de winkels ook langer liggen.

Het fruit van de pawpaw kan bewaard worden in de koude bewaring. Het fruit wordt in een koelcel van 4°C geplaatst voor maximaal 4 weken. Na meer dan vier weken in de koeling vertoont het koude beschadigingen. Het fruit van de custardappel (*Annona squamosa*), een bekend familielid van de pawpaw, kan niet onder koude omstandigheden bewaard worden. Daarom wordt bij de bewaring van de custardappel gebruik gemaakt van 'controlled atmosphere'. Dit betekent dat er een lage concentratie aan zuurstof en etheen in de bewaarcel is en een hoge concentratie koolstofdioxide en een hoge luchtvochtigheid. Hierdoor wordt de ademhaling van het fruit verlaagd.

De beste methode om het fruit van de pawpaw te oogsten is om, vanaf het begin van het oogstseizoen, om de boomgaard heen te lopen en zachtjes in de stukken fruit te knijpen. De stukken fruit die rijp beginnen te worden verliezen hun stevigheid en kunnen geplukt worden. Het fruit moet dan voorzichtig naar de opslag gebracht worden.

De ideale manier van opslag bij de teler is om het fruit te bewaren in de koelcel van 4°C. Op die manier is het fruit ruim een week houdbaar en kan het vervolgens met gekoeld transport naar de afnemer gebracht worden. Daar moet het fruit verpakt worden in een MA verpakking en behandeld worden met 1-MCP om ook in de winkel een optimale bewaring te garanderen. In de winkel moet het fruit in de koeling bewaard worden.

Abstract

The common pawpaw (*Asimina triloba*) is a fruit tree which is originally found in North-America. The common pawpaw is the only species from the *Annonaceae* family which can grow in a temperate climate. The fruit of the pawpaw is very healthy and has a tropical flavor, but because of its short shelf life it has not yet been introduced on the commercial market.

The fruit of the pawpaw is, just as the other fruits in his family, a climacteric fruit. This means that the fruit a high respiration rate and a high ethylene production possessed, when harvested. In contrast to the other *Annonaceae* members, pawpaw possesses only one respiration peak and ethylene peak. The only other member of its family with just one peak is the custard apple (*Annona squamosa*).

The fruit must be ripe when harvested, because immature fruit will not ripen when harvested. When ripe, some cultivars turn from green to yellowish, but that change is often not visible for the naked eye. The best way to determine if the fruit is ripe enough to harvest is to squeeze the fruit a little. When ripe, the fruit becomes softer and this can be determined by squeezing the fruit. Don't squeeze to much or the fruit will bruise and become damaged, which shortens its shelf life.

There are four enzymes responsible for the softening of the fruit: polygalacturonase (PG), cellulase, pectin methylesterase (PME) and endo- β -mannanase (MAN). PG is formed at the beginning of the ripening process and decreases at the end of the ripening process. This enzyme is responsible for the softening of the cell wall. Cellulase is also formed at the beginning of the ripening and helps with the degradation of hemicellulose. The enzyme PME is also formed at the beginning of the ripening, but before PG and cellulase, en decreases during the ripening. PME is responsible for pectin de-esterification. MAN is the last enzyme to be formed and can be related to the process of reorganization in hemicellulose.

When the fruit ripens, extra soluble solids are made inside the fruit and the production of ethyl and methyl esters increases. These esters are the reason the fruit has its distinct aroma and taste. Because of the climacteric properties of the fruit, the production of CO₂ and ethylene also increases during the ripening.

The amount of phenols inside the fruit stays the same during the ripening, but the amount of flavonoids decreases during the ripening.

To make sure the fruit reaches the commercial market, it first has to meet certain conditions. Those conditions are:

- The fruit must be preserved at least one week after harvest,
- The nutrients must be contained during storage,
- The fruit must be preserved at least two weeks in the store.

The conditions for the extraction of the annonacins are much easier. Once extracted from the fruit, they can be easily stored in a fridge. If they need to be stored for a very long time, they can be stored in a fridge of -80°C without loss of activity.

There are multiple ways to store fruits and vegetables. One method is storage in the fridge where the fruit will be stored at a very low temperature. Another method is the controlled atmosphere storage, where the fruit is placed in a gas-tight storage cell with a low level of oxygen and a high level of CO₂. One method similar to de CA storage is the ultralow oxygen storage. This method also works with low oxygen levels and high carbon dioxide levels, but much more extreme. Sometimes with oxygen levels below 1%. This method is used for long term storage. A method similar to the ultralow oxygen is the low pressure storage, where a low level of oxygen is maintained through low pressure. Because of the high costs of this method it is no longer in use. A final method for fruit storage is a treatment with hormones. Certain plant hormones, such as gibberellin, can be used in the inhibition of the respiration of the fruit.

To extend the storage of fruits in the shops, packaging can be used. First the fruit is treated with 1-MCP, which inhibits the ethylene production in the fruit, and then the fruit will be packed in a modified atmosphere package, where the fruit is sealed in a polymer membrane to maintain the oxygen and carbon dioxide levels in the package. This way fruit can be stored longer in a shop.

Cold storage is used to store the fruit. In a refrigerator the fruit can be stored up to four weeks in 4°C. After four weeks in the cold storage the fruit will become damaged because of the cold temperature. The fruit of the custard apple (*Annona squamosa*) cannot be stored in low temperatures. That's why they store it in a 'controlled atmosphere'. This means that the fruit is placed under low concentrations of oxygen and ethylene and a high concentration of carbon dioxide and high humidity. This slows the respiration of the fruit. The pawpaw is, just as the custard apple, a climacteric fruit. This means that the method of controlled atmosphere also useful might be for the storage of pawpaw.

The best method to harvest the fruit of the pawpaw is, from the beginning of the harvest season, to walk around the orchard and to softly squeeze every piece of fruit. The pieces of fruit that are starting to lose their firmness need to be picked. The fruit can then be gently brought to the storage.

The ideal method to store the fruit at the grower is to store the fruit in a cold storage (4°C). That way the fruit can be stored for over a week and can then be transported to the buyer. There it must be packed in a MA-package and be treated with 1-MCP. That way the fruit can be stored for over a week at the store. It must still be kept in the cooling.

Inhoud

1 Inleiding.....	1
2 Inhoudsstoffen pawpaw.....	7
2.1 Annonaceous acetogeninen.....	7
2.2 Voedingsstoffen.....	7
3 Climacterische vrucht of non-climacterische vrucht?	9
4 Fysiologische processen tijdens de rijping.....	13
4.1 Visuele kenmerken.....	13
4.2 Tastbare kenmerken	13
4.3 Stoffen tijdens de rijping	14
5 Oogst	15
5.1 Tijdstip van oogsten	15
5.2 Manier van oogsten.....	16
5.3 Opbrengst	16
6 Huidige bewaring pawpaw.....	17
6.1 Koude bewaring	17
6.2 Houdbaarheid familieleden.....	18
7 Houdbaarheidscriteria	19
7.1 Houdbaarheidscriteria eetbaar fruit	19
7.2 Houdbaarheidscriteria werkzame stoffen	19
8 Bewaarmethodes algemeen.....	20
8.1 Controlled Atmosphere (C.A.)/ Dynamic Controlled Atmosphere.....	20
8.2 Ultra Low Oxygen bewaring	20
8.3 Koude Bewaring.....	21
8.4 Luchtdruk bewaring.....	21
8.5 Toepassing van hormonen.....	21
8.6 Verpakkingen	22
9 Discussie.....	23
9.1 Oogst	23
9.2 Bewaring bij de teler.....	24
9.2.1 Koude bewaring.....	25
9.2.2 Controlled Atmosphere bewaring	25
9.3 Vervoer	26

9.4 Bewaring bij de handel.....	26
9.4.1 Bewaren in de koeling.....	26
9.4.2 Verpakken.....	27
9.5 De voedingsstoffen	27
10 Conclusie	28
10.1 Manier van oogsten.....	28
10.2 Opslag bij de teler	28
10.3 Opslag bij de winkel	28
11 Aanbevelingen	29
11.1 Bewaring	29
11.2 Oogst	29
11.3 Veredelen.....	29
Literatuurlijst.....	30
Bijlage	35

1 Inleiding

De gewone Pawpaw (*Asimina triloba*) is een fruitboom die oorspronkelijk voorkomt in Noord-Amerika. Het is de enige in de *Annonaceae* familie die in een gematigd klimaat groeit. Het fruit van de pawpaw heeft een tropische smaak en is zeer gezond, het bevat veel antioxidanten. (Donno, Beccaro, Mellano, Cerutti, Bounous, 2014; Galli, Archbold, Pomper, 2007). Ook zit er veel vitamine B3, vitamine C en proteïne in en het is een geschikte bron voor kalium, calcium, fosfor, ijzer en magnesium. Verder zitten er ook carotenoïden in het fruit (Galli et al., 2007). Ook zitten er stoffen in het fruit die werkzaam zijn tegen kanker en als pesticide gebruikt kunnen worden (McLaughlin, 2008).

Van de pawpaw hebben er vele cultivars bestaan, maar de meeste zijn verdrongen door betere cultivars. De indianen zijn begonnen met het selecteren van pawpawbomen door tijdens het kappen van bos de pawpawbomen te laten staan. Van die bomen werd de bast gebruikt om touw van te maken wat leidde tot de verzwakking of het afsterven van de boom. De bomen die goed fruit zette werden echter gespaard, waardoor er, onopzettelijk, geselecteerd werd op bomen die veel fruit zetten. De vroege Noord Amerikanen zijn doorgegaan met het selecteren van goede pawpawbomen en tussen 1860 en 1960 zijn de meeste cultivars geselecteerd. Sinds 1900 zijn er ten minste 56 cultivars en landrassen benoemd en verspreid. De meest genoemde rassen zijn rechtstreeks geselecteerd uit het wild en zijn landrassen. Een klein deel van de nog bekende rassen zijn geselecteerd van bomen in kwekerijen door middel van kruisen en selectie en dit zijn cultivars. (Peterson, 1991). Tegenwoordig zijn er nog 19 rassen te koop en daarvan zijn de rassen 'Overleese' en 'Sunflower' de meest verkochte rassen. Deze rassen staan bekend als rassen die een hoge kwaliteit bezitten. In bijlage 1 is een tabel te vinden met daarin alle cultivars en landrassen die tegenwoordig nog over zijn en, zover bekend, hoe ze ontstaan zijn. Dit zijn alle rassen die ooit benoemd zijn en die nog bestaan, een groot deel van deze rassen is alleen in het wild te vinden en niet te koop bij een kwekerij.

Tegenwoordig zijn er in Amerika al een aantal boomgaarden te vinden van de pawpaw. De grootste is van de Kentucky State University, waar ze onderzoeken doen naar de boom. In de staten Alabama, Californië, Kentucky, North Carolina, Maryland, Michigan, Missouri, Ohio en West Virginia zijn er privé boomgaarden te vinden van de pawpaw. Omdat de pawpaw ook in Amerika nog niet commercieel te verkopen is, zijn er nog niet veel boomgaarden te vinden. (Crabtree, 2016)

In Nederland wordt de boom kleinschalig geteeld. De meeste bomen worden geteeld door hobbyisten of door kwekers met als doel de boom te verkopen en niet het fruit. In Nijverdal is een kwekerij gevestigd, genaamd 'Country Winery'. Deze kwekerij heeft de meeste bomen van Nederland staan, nu zo'n 2000m² met daarop 130 bomen en hoopt over 2 à 3 jaar een paar hectare aan bomen te hebben. Op dit moment wordt het fruit ontpit en wordt de pulp ingevroren voor de bereiding van bijvoorbeeld jam of ijs. Voor verse productie is er nog niet genoeg volume. "Maar over vijf jaar hoop ik een veelvoud van de oogst te hebben en dan kan dat wellicht interessant worden", aldus Hans Kluijt, eigenaar van de Country Winery. Met dat plan zal hij de eerste teler in Nederland zijn die het fruit teelt voor de verkoop. Hij heeft op 24 en 25 oktober 2015 een pawpaw-festival gehouden, waar bezoekers meer informatie konden krijgen en konden proeven van de pawpaw en pawpaw producten en planten en zaden konden kopen. Dit festival wordt jaarlijks gehouden. (Heijboer, 2015).

Ook in de buurt van Nijmegen, in het dorp Lent is de pawpaw te vinden. Daar is een, door twee hobbyisten, exclusieve vruchtentuin te vinden genaamd 'FruitLent'. In deze tuin worden vele exotische fruitbomen geteeld, waaronder ook de pawpaw. De rassen die daar geteeld worden zijn: Davis, Overleese, Prima 1216, Sunflower en Susquehanna. Van deze rassen zijn er slechts een paar bomen per ras geplant, een echte boomgaard is het dus niet (Joosten, 2015) .

Een van de problemen van het fruit is, dat de oogst van het rijpe fruit zeer arbeidsintensief is. Dit komt omdat het fruit niet tegelijkertijd rijp is. Zelfs de vruchten die aan dezelfde cluster hangen zijn niet gelijktijdig rijp. Het is dus goed mogelijk dat er twee weken zit tussen het oogsten van de eerste vrucht en het oogsten van de laatste vrucht. Dit zorgt ervoor dat machinaal oogsten niet mogelijk is, omdat onrijp fruit niet verder rijpt als het van de boom komt (Archbold, Koslanund, Pomper, 2003). De kenmerken die het fruit heeft als het rijp is, zijn ook zeer lastig te onderscheiden. Het aroma van het fruit wordt sterker en de kleur gaat, bij sommige cultivars, van groen naar geelgroen, maar het duidelijkste kenmerk is de stevigheid van het fruit (McGrath & Karahadian, 1994). Als het fruit rijp is wordt het vruchtvlees zacht, dus de eenvoudigste en eenduidigste methode is om in elke vrucht zachtjes te knijpen. Dit heeft wel als gevolg dat de vruchten sneller beschadigd of beurs kunnen raken en deze methode is zeer arbeidsintensief (Archbold et al., 2003). In dit verslag wordt er niet gekeken naar een oplossing voor dit probleem, maar omdat het in verband staat met de bewaring wordt het wel genoemd.

Alhoewel het oogsten een zeer arbeidsintensief werk is, wordt er in dit verslag alleen gekeken naar de bewaring van het fruit. Het fruit is erg lastig te bewaren en dat is een probleem voor de commercialisatie van het fruit. Als het fruit beter bewaard kan worden is het makkelijker om er een markt voor te vinden. Dat het fruit lastig te bewaren is, komt omdat het fruit een hoge ademhaling heeft waarbij veel vocht, hitte, koolstofdioxide en etheen vrijkomt. Dit zorgt ervoor dat het fruit bij kamertemperatuur maar twee dagen houdbaar is als de vrucht volledig rijp van de boom gehaald wordt. Een rijpe vrucht kan bij 4 tot 7 graden Celsius een week bewaard worden. Als de vrucht net rijp is bij de oogst kan hij twee tot vier weken bewaard worden bij 4 tot 7 graden Celsius en vervolgens bij kamertemperatuur verder rijpen. Dit gaat alleen als het fruit aan de boom al begonnen is met rijpen. Dit verlengt de houdbaarheid bij kamertemperatuur met een aantal dagen ten opzichte van volledig rijp fruit. Het is niet aan te raden de vrucht bij een temperatuur lager dan 4 graden Celsius te bewaren, omdat dit de smaak van de vrucht niet ten goede komt en tot beschadiging kan leiden (*Bordelon, 2004; Archbold et al., 2003*).

Vanuit de problemen die hierboven beschreven staan, is de hoofdvraag voor dit adviesrapport ontstaan: Welke fysiologische processen spelen zich af tijdens de rijping van het fruit en welke oogst- en bewaarstechniek kan het beste worden toegepast om de pawpaw zo lang mogelijk te bewaren?

Deze hoofdvraag is beantwoord met behulp van een literatuurstudie, aan de hand van de volgende deelvragen:

- Is het een climacterische vrucht?
- Wat gebeurt er fysiologisch in het fruit van climacterische vruchten tijdens het rijpingsproces?
 - Welke visuele kenmerken zijn er?
 - Welke tastbare kenmerken zijn er?
 - Welke voedingsstoffen worden er gevormd tijdens de rijping?
 - Welke werkzame stoffen zitten er in het fruit?
- Aan welke criteria voldoen goede houdbare pawpaw vruchten?
 - Voor vers fruit consumptie
 - Voor extractie werkzame stoffen
- Wat is de beste oogstmethode om het fruit zo lang mogelijk te kunnen bewaren?
 - Wanneer kan er het beste geoogst worden?
- Welke manieren van fruit bewaren zijn er te onderscheiden op basis van o.a. temperatuur, CO₂, etc.?
- Welke manieren van bewaren zijn al toegepast bij pawpaw en waarom was dit wel/niet effectief?

Om te bepalen welke bewaartechniek het beste van toepassing kan zijn, is er eerst gekeken of de vrucht climacterisch is of niet. Dit is van belang omdat climacterische vruchten veel etheen uitademen en als de verkeerde bewaartechniek wordt toegepast zal dit de houdbaarheid van het fruit verkorten in plaats van verlengen.

Vervolgens is er gekeken welke fysiologische processen plaatsvinden in het fruit. Hoe kan er bepaald worden dat het fruit rijp is en wat gebeurt er tijdens die rijping? Verder is er naar de houdbaarheidscriteria gekeken. Wanneer is het fruit nog te eten en wanneer kan het niet meer gebruikt worden?

De manier en tijd van oogsten is ook van belang. Als het fruit geoogst wordt voordat het aan het rijpen is, zal het niet rijp worden en is het waardeloos. Als het fruit geoogst wordt als het al een tijdje aan het rijpen is, dan is de houdbaarheid aanzienlijk korter als het fruit van de boom is. Ook de manier van oogsten is van belang, omdat het fruit niet beschadigd mag raken, dit verkort de houdbaarheid. En omdat het fruit niet gelijktijdig rijpt kan er ook niet machinaal geoogst worden.

Vervolgens is er onderzocht welke bewaarmethodes het meest gebruikt worden bij de bewaring van groenten en fruit. Verder is er gekeken naar welke bewaarmethode er al wordt toegepast op de pawpaw en ook welke er worden toegepast op familieleden van de pawpaw. En uiteindelijk is hieruit een conclusie getrokken over welke bewaarmethode het beste zou kunnen werken bij de bewaring van de pawpaw.

Er is een literatuurstudie uitgevoerd voor het afstudeerwerkstuk. Een praktijk onderzoek is niet mogelijk, omdat de bewaaromstandigheden niet nagebootst kunnen worden met de beschikbare ruimte en apparatuur en ook zijn niet de juiste spullen aanwezig om de inhoudsstoffen te onderzoeken. Dus om de bewaartechnieken te analyseren wordt er gekeken naar het fysiologische proces in het fruit van de pawpaw. Vervolgens wordt bekeken op welke processen de verschillende bewaartechnieken inspelen en aan de hand daarvan wordt er een advies gegeven welke bewaartechniek het beste kan werken.

Verder is er contact gezocht met de Kentucky State University, deze Amerikaanse universiteit doet onderzoek naar de pawpaw en er is contact gezocht met telers van de pawpaw in Nederland en in het buitenland.

Op internet wordt er gebruik gemaakt van google scholar en van web of science (dit is een zoekmachine voor wetenschappelijke artikelen). De zoektermen die vooral gebruikt worden zijn: *Asimina triloba*, fruit, harvest, storage, ripe fruit en *Annonaceae*.

Verder wordt er gebruik gemaakt van het dictaat: 'Bewaring van vruchten en groenten in de tropen' van Ir. J.C.C. Hartoungh, 1978.

Dit verslag is geschreven voor de telers van de pawpaw, omdat het voor hen van belang is om te weten hoe en wanneer de vrucht geplukt moet worden en het is gunstig voor hen om te weten hoe het fruit bewaard kan worden, zodat ze de vruchten die eerder rijp zijn, beter kunnen bewaren en deze niet bedorven zijn voordat de latere vruchten ook rijp zijn. Op die manier kan al het fruit in een keer afgeleverd worden bij de afnemer. En voor de inkopers van de pawpaw, zoals de tussenpersonen en de winkels. Voor hen is het gunstig om te weten hoe het fruit het beste bewaard kan worden, zodat de tussenpersonen minder snel een winkelier of andere afnemer hoeven te vinden en de winkels kunnen het fruit langer in de schappen hebben liggen zonder dat het bederft.

In hoofdstuk 2: Inhoudsstoffen pawpaw, worden de verschillende inhoudsstoffen die te vinden zijn in de pawpaw besproken. De vele voedingsstoffen worden benoemd, maar ook de stoffen die werkzaam zijn als pesticide of tegen kanker worden benoemd.

In hoofdstuk 3: Climacterische vrucht of non-climacterische vrucht?, wordt er besproken of het fruit van de pawpaw climacterisch is of niet. Dit wordt gedaan aan de hand van een onderzoek dat gedaan is door de heren Koslanund, Archbold en Pomper in 2005.

In hoofdstuk 4: Fysiologische processen tijdens de rijping, wordt er gekeken welke fysiologische processen zich in het fruit afspelen tijdens de rijping van het fruit. Er wordt onderscheid gemaakt tussen visuele kenmerken, tastbare kenmerken, stoffen die ontstaan tijdens de rijping, voedingsstoffen die ontstaan tijdens de rijping en werkzame stoffen die ontstaan tijdens de rijping.

In hoofdstuk 5: Oogst, wordt de oogst van het pawpaw fruit besproken. Er wordt gekeken naar het beste tijdstip van oogsten en naar de beste manier van oogsten

In hoofdstuk 6: Huidige bewaring pawpaw, wordt de bewaring die tegenwoordig het meest gebruikt wordt om de pawpaw te bewaren uitgewerkt. Ook worden de bewaarmethodes van een aantal familieleden van de pawpaw besproken.

In hoofdstuk 7: Houdbaarheidscriteria, worden de houdbaarheidscriteria van het fruit besproken voor zowel de verse consumptie als de verwerking van de werkzame stoffen.

In hoofdstuk 8: Bewaarmethodes algemeen, worden verschillende bewaarmethodes benoemd die gebruikt worden bij het bewaren van climacterisch fruit en groente.

In hoofdstuk 9: Discussie, worden de houdbaarheidscriteria die in hoofdstuk 7 worden gesteld vergeleken en besproken. Aan de hand van deze vergelijking wordt er een geschikte bewaarmethode bepaald.

In hoofdstuk 10: Conclusie, wordt kort het resultaat van de discussie benoemd. Dit bestaat uit de meest geschikte oogstmethode en de meest geschikte bewaarmethode.

In hoofdstuk 11: Aanbevelingen, worden een aantal aanbevelingen gedaan voor telers en onderzoekers, wat er in de toekomst nog moet gebeuren om te zorgen dat het pawpaw fruit nog beter bewaard kan worden.

2 Inhoudsstoffen pawpaw

Het fruit van de pawpaw is zeer gezond. Het bevat veel gezonde voedingsstoffen zoals vitaminen, mineralen en antioxidanten. Daarnaast bevat het fruit ook een groep werkzame stoffen die onder andere werkzaam zijn als pesticide of tegen virussen en micro-organismen, maar dezelfde groep stoffen kan ook gebruikt worden als middel tegen verschillende vormen van kanker.

2.1 Annonaceous acetogeninen

In het fruit van de pawpaw is een groep werkzame stoffen te vinden genaamd Annonaceous acetogeninen. Deze stoffen vormen een groep van uniek gestructureerde homogene polyketiden (C_{32} of C_{34} vetzuren) die gevonden worden in de Annonaceae familie. De stoffen asimicine, bullatacine en bullatalicine komen het meeste voor in de pawpaw (*Pomper, Lowe, Crabtree, Keller, 2009*).

Acetogeninen zijn een groep stoffen die de activiteit in het mitochondrium remmen zoals de cytoplasmatische productie van ATP en gerelateerde nucleotiden. De mitochondriën zijn de energiemachines van de cel en ATP is de brandstof voor de cel. Acetogeninen zijn een sterke cytotoxine en vertonen in vivo eigenschappen als pesticide, anti tumor middel, anti malaria middel, een middel tegen lintwormen, een middel giftig voor vissen, een middel tegen virussen en micro-organismen. Deze Acetogeninen zijn een groep bestaande uit verschillende stoffen. De werking van deze stof verschilt per stof. Zo zijn asimicine en bullatacine bijvoorbeeld zeer effectief tegen leukemie (*Pomper et al., 2009*). De ruwe vorm van de acetogeninen zijn echter wel giftig voor de primaire corticale neuronen. Dit zijn de cellen van de hersenschors en regelen de ontvangst, analyse en interpretatie van de informatie uit de rest van het lichaam. De ruwe vorm van de acetogeninen verminderde de levensvatbaarheid van deze cellen met 50% 48 uur na inname. (*Potts, Luzzio, Smith, Hetman, Champy, Litvan, 2012*).

Insecticiden gebaseerd op acetogeninen werken als langzaam werkend gif en zijn voornamelijk effectief tegen kauwende insecten, zoals o.a. kakkerlakken, Colorado kever, muggenlarven en luizen (*Pomper et al., 2009*).

2.2 Voedingsstoffen

Het fruit van de pawpaw is rijk aan voedingsstoffen. Het bevat veel vitaminen en mineralen in hoge hoeveelheden. In het fruit is drie keer zoveel vitamine C te vinden als appel en twee keer zoveel als in banaan. Het bevat tien keer meer calcium dan banaan en appel en anderhalf keer zoveel als in sinaasappel te vinden is. In tabel 1 staat van een aantal mineralen en vitaminen hoeveel er in het fruit zit vergeleken met appel, banaan en sinaasappel. (*Pomper en Layne, 2005*)

Tabel 1 Voedingsstoffen in pawpaw fruit in vergelijking met banaan, appel en sinaasappel.^z (Vertaald van Pomper en Layne, 2005)

VOEDINGSSTOF	HOEEVEELHEID	PAWPAW	BANAAN	APPEL	SINAASAPPEL
VOEDINGSWAARDE					
ENERGIE	Cal	80	92	59	47
PROTEÏNE	g	1,2	1,03	0,19	0,94
VET	g	1,2	0,48	0,36	0,12
KOOLHYDRAAT	g	18,8	23,4	15,25	11,75
VOEDINGSVEZELS	g	2,6	2,4	2,7	2,4
VITAMINEN					
VITAMINE A	RE ^y	8,6	8	5	21
VITAMINE A	IW ^x	87	81	53	205
VITAMINE C	mg	18,3	9,1	5,7	53,2
VITAMINE B1	mg	0,01	0,045	0,017	0,087
VITAMINE B2	mg	0,09	0,1	0,014	0,04
VITAMINE B3	mg	1,1	0,54	0,077	0,282
MINERALEN					
KALIUM	mg	345	396	115	181
CALCIUM	mg	63	6	7	40
FOSFOR	mg	47	20	7	14
MAGNESIUM	mg	113	29	5	10
IJZER	mg	7	0,31	0,18	0,1
ZINK	mg	0,9	0,16	0,04	0,07
KOPER	mg	0,5	0,104	0,041	0,045
MANGAAN	mg	2,6	0,152	0,045	0,025
ESSENTIËLE AMINOZUREN					
HISTIDINE	mg	21	81	3	18
ISOLEUCINE	mg	70	33	8	25
LEUCINE	mg	81	71	12	23
LYSINE	mg	60	48	12	47
METHIONINE	mg	15	11	2	20
CYSTINE	mg	4	17	3	10
FENYLALANINE	mg	51	38	5	31
TYROSINE	mg	25	24	4	16
THREONINE	mg	46	34	7	15
TRYPTOFAAN	mg	9	12	2	9
VALINE	mg	58	47	9	40

^z Afgeleid van Peterson et al. (1982) en Jones en Layne (1997). Gemiddelde waarde per 100 gram eetbare portie. De analyse is gedaan op pulp met schil, ook al wordt de schil niet als eetbaar beschouwd. Waarschijnlijk worden er een hoop vezels en vet weggegooid met de schil.

^y Retinol equivalent. Deze waarden worden gebruikt in de National Research Council Recommended Dietary Allowances tabel (1989)

^x Internationale waarden

3 Climacterische vrucht of non-climacterische vrucht?

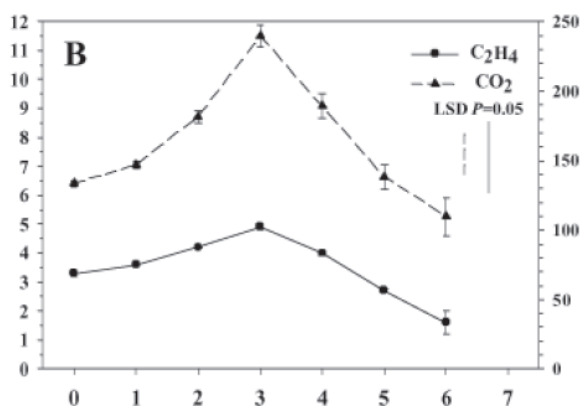
Er bestaan eigenlijk maar twee soorten fruit: Climacterisch fruit en non-climacterisch fruit. Of fruit climacterisch is of niet heeft te maken met de ademhaling en etheenproductie, climacterisch fruit heeft zowel een hoge ademhaling als een grote etheenproductie. Om te bepalen welke oogst en bewaarmethode het best van toepassing is op het fruit van de pawpaw moet er eerst fysiologisch naar het fruit gekeken worden. Een belangrijk onderdeel daarvan is de vraag: is het fruit climacterisch of niet?

Een climacterische vrucht wordt het best gekarakteriseerd door het bezit van een zichzelf versterkend etheen producerend systeem, dat, als het eenmaal op gang is, doorgaat tot de vrucht volledig rijp is. Ook is de ademhaling van climacterische vruchten hoger dan van niet climacterische vruchten (Hartoungh, 1978).

Bij climacterisch fruit is etheen verantwoordelijk bij het coördineren van de expressie van genen die verantwoordelijk zijn voor:

- het verhogen van de ademhaling,
- een autokatalytische etheen productie,
- het afnemen van het chlorofyl,
- de synthese van pigment,
- het omzetten van zetmeel in suiker
- de productie van aromatische vluchtige stoffen en
- een verhoogde activiteit van enzymen die de celwand afbreken.

In volwassen climacterisch fruit is etheen zelfstimulerend voor de etheenproductie. Dit wil zeggen dat als er etheen gevormd wordt, de etheen zichzelf in stand houdt en de etheenproductie vergroot. Dit blijft doorgaan tot het etheen een bepaalde hoeveelheid heeft bereikt in het fruit (de etheenpiek, in pawpaw op dag 3 na oogst), na deze piek daalt de etheenproductie en de ademhaling in het fruit tot een punt dat lager is dan de ademhaling en etheenproductie voor het rijpen (Fig.1). Positieve feedback van etheen biosynthese is een eigenschap van rijpend climacterisch fruit (Koslanund, Archbold, Pomper et al., 2005).

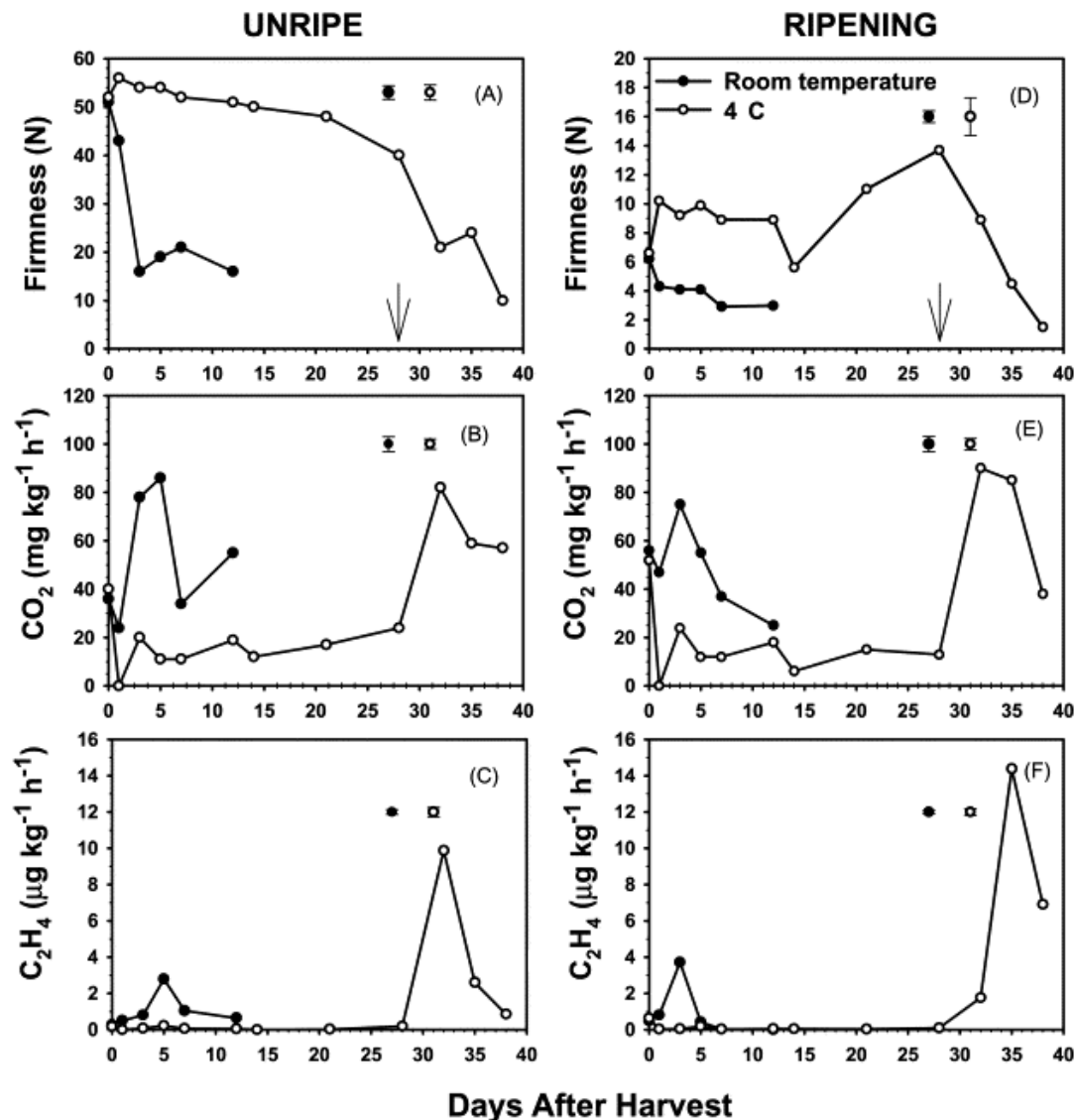


Figuur 1 Etheenproductie (µg/kg vers gewicht) (linkeras) en CO₂ productie (mg/kg vers gewicht) (rechteras) van pawpaw fruit in 2001 Per dag na de oogst (onderste as).

Het rijpen van climacterisch fruit is vaak etheen geïnduceerd en/of gecoördineerd en dat zorgt voor een kans om het rijpingsproces te reguleren. Biale (1960) schreef dat pawpaw fruit climacterisch is aan de hand van het werk van Wardlaw en Leonard (1936), maar dat werk gaat over de papaja (*Carica papaya*) en niet over de pawpaw. De verwarring is ontstaan doordat een veel gebruikte naam voor papaja ook wel 'papaw' is en deze naam wordt soms nog wel gespeld als 'pawpaw'. De onjuiste classificatie van het pawpaw fruit door Biale is regelmatig herhaald door anderen, maar het bewijs dat het pawpaw fruit climacterisch is, is slechts anekdotisch (Archbold et al., 2003).

Alle andere soorten fruit in de *Annonaceae* familie die van enig commercieel belang zijn, zijn climacterisch, zoals de cherimoya (*Annona cherimola*), de zuurzak (*Annona muricata*) en de custardappel (*Annona reticulata*). Het is te verwachten dat de pawpaw ook climacterisch is (Archbold et al., 2003).

In 2003 is er onderzoek gedaan om te kijken of de pawpaw ook een climacterische vrucht is, net als zijn familieleden. Uit dat onderzoek bleek dat de pawpaw wel degelijk een climacterische vrucht is. In het onderzoek is er rijp en onrijp fruit geplukt en is er gekeken naar de stevigheid, CO₂ productie en etheen productie van dit rijpe en onrijpe fruit, zowel bij kamertemperatuur als bij opslag bij 4°C. In figuur 1 zijn de resultaten van deze proef terug te vinden.



Figuur 2 Verandering in stevigheid, ademhaling en etheenproductie bij pawpaw fruit na de oogst. Fruit werd geclassificeerd als onrijp (minimale zachtheid (50 N)) of beginnende rijpheid (lichte zachtheid bij aanraking (6 N)). Fruit werd bewaard bij kamertemperatuur en bij 4°C. Het fruit wat bij 4°C werd bewaard, werd individueel in plastic zakken bewaard voor 4 weken en vervolgens naar kamertemperatuur verplaatst. Elk punt in de grafiek is een gemiddelde van 10 of meer stukken fruit. De algemene standaardfout bij kamertemperatuur en 4°C is te zien bij de symbolen met de foutbalkjes.

Bij de oogst had het onrijpe fruit een stevigheid van 52 N (fig. 2A). Als dit fruit bewaard werd bij kamertemperatuur ging de stevigheid snel achteruit vanaf de dag na de oogst en het fruit was zacht (stevigheid <20 N) na 3 dagen na de oogst. op dag 5 had het fruit in kamertemperatuur een CO₂ piek van 86 mg kg⁻¹ h⁻¹ (fig. 2B). De etheenproductie was duidelijk op dag 5 met een piek van 2.8 μg kg⁻¹ h⁻¹ C₂H₄ (fig. 2C) (Archbold *et al.*, 2003).

Fruit dat zacht was tijdens de oogst had een stevigheid van 8 N (fig. 2D). Ademhaling en etheen productie trad op binnen 3 dagen op kamertemperatuur met een piek van 75 mg kg⁻¹ h⁻¹ CO₂ en 3.7 μg kg⁻¹ h⁻¹ C₂H₄, respectievelijk (fig. 2E en 2F). Stevigheid bleef afnemen na de oogst en het fruit van deze groep was zachter dan fruit dat gerijpt had na oogst bij een onrijp stadium (Archbold *et al.*, 2003).

Koude bewaring vertraagde het rijpingsproces van zowel rijp als onrijp fruit. Fruit dat onrijp geoogst was liet een ademhaling en etheen productie zien bij 4 dagen na verwijdering uit de 4 °C koeling met een piek van 82 mg kg⁻¹ h⁻¹ CO₂ en 9.8 µg kg⁻¹ h⁻¹ C₂H₄, respectievelijk.

Fruit dat gerijpt had na oogst liet een ademhaling en etheen productie zien met een piek van 90 mg kg⁻¹ h⁻¹ CO₂ bij 4 dagen na verwijdering uit de 4 °C koeling en 14.4 µg kg⁻¹ h⁻¹ of C₂H₄ bij 7 dagen na verwijdering uit de koeling. Bij dit fruit was de etheen piek groter dan bij fruit wat niet in de koeling had gelegen. Stevigheid van het fruit ging zeer traag achteruit in de koeling, maar bij plaatsing van het fruit in kamertemperatuur werd het fruit zeer snel zacht (Archbold et al., 2003).

Al het fruit in de *Annonaceae* familie is climacterisch en vertonen tijdens de rijping twee ademhalings- en etheenpieken. In cherimoya (*Annona cherimola*), atemoya (*Annona xatemoya*) en zuurzak (*Annona muricata*) is een eerste piek in ademhaling voorafgaand aan een etheenpiek bij 1-3 dagen. Een tweede piek in ademhaling viel samen of kwam na een etheen piek. Het fruit van de pawpaw heeft echter, net als de custardappel (*Annona reticulata*), maar een enkele ademhalings- en etheenpiek.

Bij het fruit in de *Annonaceae* familie dat twee pieken vertoont, speculeerden Bruinsma en Paull (1984) dat de eerste ademhaling climacterisch kan zijn door een verstoring in het koolhydraat metabolisme gevolgd door het loskomen van de boom en hoeft geen indicatie te zijn voor het beginnen van de rijping. Als dit zo is, dan is de tweede piek het meest interessant aangezien deze relateert met het patroon wat gevonden is in de pawpaw (Archbold et al., 2003).

Het afnemen van de stevigheid van het fruit tijdens de rijping gaat snel van 15 versus 25 dagen. Deze afname is duidelijk voor of tegelijk met de ademhalings- en etheen piek. Net als bij cherimoya hoeft de etheen piek geen startsignaal te zijn van het rijpingsproces. Het begin van de rijping kan veroorzaakt worden door andere endogene factoren of het kan een lage drempel hebben voor etheen gevoeligheid zodat een beginnende etheen productie al kan zorgen voor het beginnen van het rijpingsproces (Archbold et al., 2003).

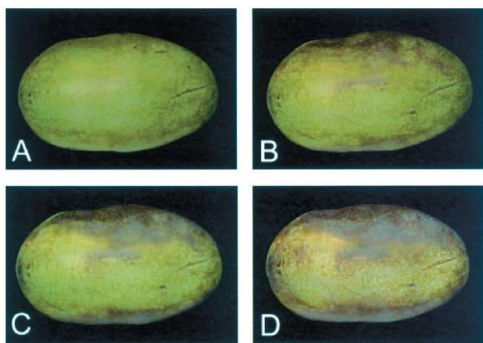
Dat de vrucht climacterisch is heeft veel gevolgen voor de bewaring van de vrucht. Er is een veel hogere ademhaling in het fruit en de etheenproductie wordt steeds hoger naarmate het fruit langer rijp is. Dit zorgt ervoor dat het rijpingsproces versneld wordt en dat de vrucht, eenmaal geoogst, niet lang houdbaar is bij kamertemperatuur. Om het fruit lang te kunnen bewaren moeten er dus maatregelen getroffen worden om het fruit houdbaar te houden, zoals bewaring in een koelcel of bij een aangepaste atmosfeer. Dit zorgt ervoor dat de ademhaling van het fruit vertraagd wordt.

4 Fysiologische processen tijdens de rijping

Om een advies te geven over de beste oogst en bewaarmethode, is het van belang om de fysiologische processen tijdens de rijping in de pawpaw te kennen.

4.1 Visuele kenmerken

Veel visuele kenmerken van de rijpheid van het fruit zijn er niet. Vaak neemt de groene kleur van de schil iets af, maar dit is niet altijd te zien. Bij sommige cultivars wordt de schil geler van kleur. Dit gebeurt vaak wat later in het rijpingsproces en is met het blote oog lastig waar te nemen (Pomper & Layne, 2005). Als de pawpaw overrijp begint te worden vertoont de schil bruine vlekken en strepen zoals een banaan (fig.2) (Archbold et al., 2003).



Figuur 2 Uiterlijke verandering van het fruit na 4 dagen in kamertemperatuur, plaatje A is dag 1 (dag van plukken) en plaatje D is dag 4 (Templeton., et al., 2003)

4.2 Tastbare kenmerken

Tijdens de rijping wordt het vruchtvlees steeds zachter. Het zachter worden begint aan het oppervlak van het fruit en gaat naar het midden (Archbold & Pomper, 2003). In de beginstadia van de rijping wordt het fruit het snelst zacht (Koslanund, Archbold, Pomper et al., 2005).

Het zachter worden van het vruchtvlees wordt door ten minste 4 enzymen veroorzaakt: polygalacturonase (PG), cellulase, pectin methylesterase (PME) en endo- β -mannanase (MAN) (Archbold & Pomper, 2003; Brannan, Peters, Talcott, 2015). Van PG is bekend dat het ontstaat tijdens de beginfase van de rijping en halverwege de rijping stijgt het drastisch, soms tot 37 keer de hoeveelheid die het was. In de laatste stadia van de rijping neemt het enzym weer af. PG speelt een belangrijke rol bij de afbraak van pectine in de celwand van plantencellen. Ook het enzym cellulase wordt in het begin van de rijping gevormd in het midden van het fruit, om vervolgens tijdens de rijping flink toe te nemen en uit te breiden naar de randen van het fruit. Dit enzym werkt mee aan de afbraak van hemicellulose. PME wordt tijdens het begin van de rijping gevormd, als het fruit nog groen en stevig is, en neemt tijdens het rijpingsproces af. PME is verantwoordelijk voor het afbreken van het ester pectine. Pectine is een polysacharide en onderdeel van de celwand van planten. Doordat het afgebroken wordt, wordt de vrucht zacht.

MAN wordt in lage hoeveelheden gevormd als het fruit zachter begint te worden, maar vermenigvuldigd 9 – 18 maal tijdens de rijping. MAN is het eerst actief aan de buitenkant van het fruit, maar trekt naar binnen naarmate het fruit verder rijpt.

MAN kan gerelateerd worden aan een reorganisatie van hemicellulose. Hemicellulose is een belangrijke component van de celwand van planten en de reorganisatie van de hemicellulose zorgt ervoor dat de vrucht zacht wordt. (Koslanund, Archbold, Pomper 2005).

4.3 Stoffen tijdens de rijping

Als het fruit rijpt neemt het gehalte oplosbare vaste stoffen toe tot >20% en de productie van vluchtige stoffen neemt toe. De vluchtige stoffen die gevormd worden bestaan volledig uit ethyl en methyl esters en deze esters dragen significant bij aan het aroma en de smaak van het fruit (Archbold & Pomper 2003). Verder gaat de productie van CO₂ en etheen omhoog naarmate het fruit verder rijpt (Koslanund et al., 2005).

In het fruitpulp van de pawpaw zijn antioxidanten en fenolen te vinden. Het totaal aantal fenolen in pawpaw is 9,2 µmol galluszuur per gram vers fruit. Er is aangetoond dat de hoeveelheid fenolen niet beïnvloed wordt door de rijping van het fruit, maar dat de hoeveelheid flavonoïden (een groep stikstofvrije organische verbindingen, antioxidanten) 40% meer te vinden is in onrijp fruit dan in rijp fruit, en 12% meer in rijp fruit dan in overrijp fruit (Brannan et al., 2015). Uit onderzoek blijkt dat er twee flavonolen zijn die overheersen in het fruit, namelijk gecondenseerde tannine en flavan-3-ols (Brannan et al., 2015). Het gecondenseerde tannine, proanthocyanidine (PAC), is een antioxidant dat zeer gezond is. Maar aan de andere kant is datzelfde PAC ook verantwoordelijk voor het bruin kleuren van de schil. Dus is het nog de vraag of er geselecteerd moet worden op vruchten die een hoog niveau antioxidanten hebben of op vruchten die een lange houdbaarheid hebben (Brannan et al., 2015). De manier waarop het fruit gebruikt wordt is bepalend op welke eigenschap er het beste geselecteerd kan worden. Als het fruit voor de verse consumptie is bedoeld is een schil die snel bruin wordt niet geschikt. Dit is voor de consument namelijk niet aantrekkelijk en daarom kan er voor de verse consumptie beter geselecteerd worden op fruit met een lagere waarde PAC. Als het fruit gebruikt wordt voor de verwerking, bijvoorbeeld voor in ijs of als vruchtensap, is een hoge waarde PAC aantrekkelijk. Het fruit bevat dan veel gezonde antioxidanten en het snel bruin worden van de schil is niet relevant, aangezien de consument het fruit niet te zien krijgt en de schil verwijderd wordt voor de verwerking.

5 Oogst

De oogst speelt een cruciale rol in de bewaring van de pawpaw. Als het fruit te vroeg wordt geoogst, zal het niet meer rijp worden. Als het fruit te laat wordt geoogst, is de houdbaarheid zeer kort. Ook de manier van oogsten is belangrijk. Als er beschadigingen ontstaan verkort dat ook de houdbaarheid van het fruit

5.1 Tijdstip van oogsten

Het oogstseizoen van de pawpaw is tussen midden augustus en eind september en het beste tijdstip om de pawpaw te oogsten is als deze in het beginstadium van het rijpingsproces is (*Brannan et al., 2015; Archbold & Pomper, 2003*). Het fruit is dan het langst houdbaar. Het is alleen zeer lastig om vast te stellen wanneer het fruit in dit stadium zit. Als het fruit rijpt neemt het gehalte oplosbare vaste stoffen toe tot >20%, het vruchtvlees wordt snel zachter, de productie van vluchtige stoffen neemt toe en de groene kleur van het fruit neemt af en wordt soms zelfs gelig (*Archbold et al., 2003*).

Het verkleuren van de schil komt niet bij elk genotype voor, is pas later te zien in het rijpingsproces en is zeer lastig om waar te nemen met het blote oog. Een goede indicator voor het bepalen van de rijpheid van het fruit is om er zacht in te knijpen. Als het fruit begint te rijpen wordt het vruchtvlees zachter en bij de eerste tekenen van verlies van stevigheid in het fruit kan het fruit geoogst worden. Dit is een zeer arbeidsintensief werk, omdat elke vrucht afzonderlijk gevoeld moet worden. Door zacht in het fruit te knijpen kan het fruit beschadigen of kneuzen, wat kan zorgen voor verandering in de smaak en voor een kortere houdbaarheid. Er is echter nog geen andere manier gevonden om te bepalen of het fruit rijp is, dus het beste tijdstip van oogsten is bij de eerste tekenen van zachtheid (*Archbold & Pomper, 2003*).

Voor het testen van de stevigheid van fruit zijn er al wel apparaten op de markt. Een aantal van deze apparaten testen de stevigheid door een pen door het fruit te slaan. Dit is een zeer nauwkeurige manier van testen, maar het nadeel is dat het fruit daarvan stuk gaat en dus niet meer verkocht kan worden (*Takao & Ohmori, 1994*). Daarom worden er steeds vaker apparaten ontwikkeld die de stevigheid van het fruit kunnen testen zonder dat het fruit kapot gaat. De meeste van deze apparaten gebruiken echter druk op het fruit om de stevigheid te testen en dit kan tot beurse plekken leiden. Daarnaast kan het fruit vaak pas getest worden als het al geplukt is (*García-Ramos, Valero, Homer, Ortiz-Cañavate, Ruiz-Altisent, 2005*). Een apparaatje dat de stevigheid van het fruit kan testen terwijl het nog aan de boom hangt, zonder het fruit te beschadigen of te drukken zou een goede uitkomst zijn.

5.2 Manier van oogsten

Het oogsten van de pawpaw moet met de hand gebeuren. Dit komt omdat niet alle vruchten aan de boom tegelijk rijpen. Sterker nog, tussen het fruit van dezelfde cluster kan maar liefst twee weken verschil zitten. Hierdoor moet elk stuk fruit voorzichtig gevoeld worden om te kijken of hij al zacht is en dus rijp. Het fruit moet rijp zijn als het geoogst wordt. Als het fruit onrijp wordt geplukt, rijpt het niet meer verder. Als het fruit te rijp wordt geplukt is de houdbaarheid zeer kort. Fruit dat rijp van de boom komt heeft een houdbaarheid van 2-3 dagen op kamertemperatuur, daarna wordt het fruit overrijp en vertoont het bruine vlekken. In de koelkast, bij 4°C kan het fruit tot 3 weken bewaard blijven voordat het overrijp wordt. Overrijp fruit krijgt, net als bij banaan, een zeer sterke smaak en geur en is daardoor niet meer geschikt om te eten. Het is dan echter nog wel geschikt om te gebruiken tijdens het koken (*Templeton, Marlette, Pomper, Jones, 2003*). Omdat er een groot tijdsverschil zit tussen het rijpen van de eerste vrucht en de laatste vrucht kan er niet machinaal geoogst worden. (*Archbold & Pomper, 2003*)

5.3 Opbrengst

De kosten van het oogsten van de pawpaw zijn vrij hoog, omdat de gehele oogst handmatig moet. Daarom moet de opbrengst van de pawpaw hoog genoeg zijn om de kosten te kunnen dekken.

In de stad Faenza in Italië is de grootste pawpaw boomgaard in Italië te vinden en daar is onderzoek gedaan naar de opbrengst van 14 pawpaw rassen. Er is gekeken naar het fruitgewicht en naar de oogst die gemiddeld van de boom komt. Deze gegevens zijn te vinden in tabel 2.

Tabel 2 Opbrengst gegevens van 14 pawpaw rassen geëvalueerd in 2001 in Faenza, Italië (Vertaald van: *Bellini, Nin en Cocchi, 2003*)

Ras	Fruit gewicht (g) ^z	Boom oogst (kg)
Davis	277,0	6,24
Ithaca	134,4	11,35
Mango	170,8	8,02
Maryfoos Johnson	165,8	1,66
NC-1	191,2	8,60
Overleese	206,8	6,68
Prima 1216	195,0	14,37
Prolific	148,9	14,30
Rebecca's Gold	62,4	2,34
Sunflower	280,8	11,98
Sweet Alice	191,0	1,91
Taylor	174,8	6,36
Taytwo	197,3	1,26
Wilson	97,2	7,11

^z Fruitgewicht gebaseerd op het gemiddelde van het gewicht van 20 stukken fruit.

In Amerika wordt pawpaw fruit al regelmatig verkocht op de boerenmarkt voor \$1,39/kg. Omgerekend is dat €1,21/kg. (*Peterson, 1991*)

6 Huidige bewaring pawpaw

De pawpaw is bij kamertemperatuur slechts een paar dagen houdbaar, daarom wordt het fruit meestal direct na de oogst opgegeten. De manier die verreweg het meest gebruikt wordt voor de bewaring is de koude bewaring. Deze bewaarmethode wordt hieronder toegelicht.

6.1 Koude bewaring

De meest voorkomende manier van bewaring is de koude bewaring. De pawpaw wordt in een koelcel gelegd van 4°C. Bij deze temperatuur is er geen sprake van beschadiging door de kou en het fruit kan zo tot vier weken bewaard worden. Het rijpingsproces van het fruit wordt op deze manier sterk vertraagd, maar het zachter worden van het fruit gaat wel langzaam door. Als het fruit langer dan 4 weken bewaard wordt onder deze omstandigheden zal het niet meer normaal verder rijpen en ontwikkelt het verkleuringen, verzuring van het vruchtvlees en een onprettig aroma. Dit zijn symptomen van koude beschadiging (*Galli, Archbold, Pomper, 2009*).

Fruit dat bewaard wordt bij minder dan 2°C verliest zijn capaciteit om normaal te rijpen. Fruit wat bij meer dan 4°C wordt bewaard zal niet geremd worden in het rijpingsproces en dus overrijp worden. Fruit dat 6-8 weken bewaard werd bij 2-4°C vertoonden een lagere ademhaling en etheenproductie, was minder stevig en had een lagere pH dan fruit wat 4 weken of minder in de koeling had gelegen. Deze veranderingen en het ontstaan van bruine vlekken na het terugplaatsen van het fruit in kamertemperatuur wijzen erop dat het fruit koude beschadigingen oploopt na meer dan 6 weken in de koeling (*Galli, Archbold, Pomper, 2008*).

Na de oogst en 4 weken koeling wordt er in het fruit vooral ethyl en methyl octanoaten en hexanoaten gevormd als vluchtige stoffen. De productie van deze vluchtige stoffen vervijfvoudigde in fruit dat aan het rijpen was 72 uur na oogst of na verwijdering uit de koeling voor 4 weken. Fruit dat 6 weken of meer in de koeling had gelegen produceerde in totaal minder vluchtige stoffen en esters, maar had een verhoogd niveau van ongewenste smaakmakers zoals ethylacetaat, ethylpropanoaat, capronzuur en decaanzuur (*Galli et al., 2008*).

Na 72 uur rijping buiten de koeling en na 2 weken in de koeling is de etheenproductie het hoogst en neemt vervolgens af naarmate het fruit langer in de koeling ligt (*Galli et al., 2009*).

Het aantal antioxidanten in het fruit is op zijn hoogtepunt direct na het plukken van de boom als het fruit rijp is. Tijdens de bewaring bij kamertemperatuur voor 4 dagen of in de koeling van een maand neemt het aantal antioxidanten in het fruit af met 40% (*Galli et al., 2007*).

6.2 Houdbaarheid familieleden

Van de custardappel (*Annona squamosa*) en de cherimoya (*Annona cherimola* Mill.), twee bekende familieleden van de pawpaw, is ook onderzocht hoe die het beste bewaard kunnen worden. De custardappel kan het beste bewaard worden bij een temperatuur tussen de 15°C en de 30°C. Als de temperatuur onder de 15°C komt ontstaat er koude beschadiging. Bij temperaturen boven de 25°C is er een vergroot risico op ziekteverwekkers. De houdbaarheid was verlengd door koolstofdioxide toe te voegen aan de opslag en zuurstof eruit te halen. Het fruit wat onder hoge luchtvochtigheid wordt bewaard is ook langer houdbaar dan fruit dat onder lage luchtvochtigheid wordt bewaard. De beste bewaaromstandigheden voor de custardappel zijn: een temperatuur tussen de 15°C en de 20°C, lage zuurstof en etheen gehalten, 10% koolstofdioxide en een luchtvochtigheid van 85% - 90%. (Broughton en Guat. 1979; Prasanna, Rao, Krishnamurthy, 2000)

Cherimoya fruit kan maximaal bewaard worden bij een temperatuur van 8°C voor maximaal 12 dagen. Onder de 8°C en langer dan 12 dagen krijgt het fruit koude beschadiging. Als het fruit bij 8°C bewaard wordt, moet het daarna op kamertemperatuur verder rijpen. Bij 10°C rijpt het fruit wel door, zij het een stuk langzamer. (Alique, Zamorano, Calvo, Merodio, De la Plaza, 1994)

7 Houdbaarheidscriteria

Pawpaw fruit is maar beperkt houdbaar als het van de boom komt. Om te bepalen wanneer het nog wel en wanneer het niet meer gegeten kan worden zijn er houdbaarheidscriteria vastgesteld. Hieronder worden de houdbaarheidscriteria van de pawpaw benoemd met betrekking tot fruit voor de directe consumptie en voor de extractie van de werkzame stoffen en van de werkzame stoffen zelf.

7.1 Houdbaarheidscriteria eetbaar fruit

Voordat het fruit bij de consument ligt, moet het eerst geoogst, opgeslagen, vervoerd en verkocht worden. Aan al deze stappen zitten eisen verbonden om het fruit zo goed mogelijk bij de consument te krijgen.

- Het fruit moet na de oogst minstens 1 week bewaard kunnen worden. De maximale tijd die kan zitten tussen het oogsten van het eerste stuk fruit en het oogsten van het laatste stuk fruit is twee weken, maar omdat het fruit zo kort houdbaar is en ook in de winkel en bij de consument even moet kunnen liggen is het niet mogelijk om het fruit twee weken bij de teler te bewaren. Dit betekent wel dat het fruit minimaal twee keer afgehaald moet worden.
- De voedingsstoffen in het fruit moeten bewaard blijven tijdens de opslag.
- Het fruit moet in de winkel minstens twee weken kunnen liggen. De consument moet de tijd krijgen om het product te kopen. Dit vermindert ook de derving in de winkels; als het fruit te snel bederft heeft de consument niet genoeg tijd om het fruit te kopen en moet de winkel er veel van weggooien.

7.2 Houdbaarheidscriteria werkzame stoffen

Voor de extractie van de werkzame stoffen wordt het fruit geoogst in oktober-november, in Amerika. In Nederland kan het optimale oogstmoment op een ander moment zijn. Dit moet nog goed onderzocht worden. Dan zitten de meeste acetogenins in het fruit (*Archbold, et al., 2003*). Het fruit kan bevroren bewaard worden voor de extractie van de werkzame stoffen. Hiervoor is het aan te raden om de schil en de zaden te verwijderen en alleen het fruit pulp in te vriezen. Voor het geval dat licht de werkzame stoffen afbreekt, moet het fruit op een donkere plaats bewaard worden. Of de stof ook daadwerkelijk afbreekt in licht moet nog onderzocht worden. (*Crabtree, 2015*)

De acetogenins extracties kunnen bewaard worden in de koelkast of vriezer voor enkele maanden. Mocht een langere bewaring nodig zijn, dan kunnen de extracten in een -80°C vriezer bewaard worden. (*Crabtree, 2015*)

8 Bewaarmethodes algemeen

Om te kijken welke bewaarmethode voor de pawpaw van toepassing kan zijn, is er eerst gekeken worden naar welke bewaarmethodes er zijn. Hieronder worden de meest gebruikelijke methodes toegelicht. Dit zijn de methodes die het meest gebruikt worden bij de bewaring van groenten en fruit en al deze methodes zijn geschikt voor de bewaring van climacterisch fruit. Er wordt gekeken naar sturing met zuurstof, koolstofdioxide, temperatuur, luchtvochtigheid, luchtdruk en hormonen.

8.1 Controlled Atmosphere (C.A.)/ Dynamic Controlled Atmosphere

Bij deze bewaarmethode wordt de rijping van het fruit uitgesteld door de gascondities in de koelcel aan te passen. Als groente of fruit rijpt halen ze adem, dit wil zeggen dat ze zuurstof opnemen uit de omgeving en koolstofdioxide afgeven aan de omgeving. Door in een koelcel een zeer laag zuurstofgehalte en zeer hoog koolstofdioxide gehalte te houden wordt dit proces vertraagd. Vaak wordt de luchtvochtigheid ook nog aangepast door deze zeer hoog of zeer laag te zetten afhankelijk van het fruit. Op deze manier zijn veel groente en fruitsoorten wel twee tot vier maal langer houdbaar zonder het gebruik van chemische stoffen.

Bij dynamic controlled atmosphere worden de bewaaromstandigheden in de opslag automatisch geregeld aan de hand van de fysiologische toestand van het fruit, in plaats van dat de omstandigheden handmatig en van tevoren worden ingevoerd. Om groente en fruit zo lang mogelijk houdbaar te houden is een zeer lage zuurstofconcentratie in de bewaarcel gewenst. Echter, als deze concentratie te laag wordt gaat het fruit gisten. Met een handmatige instelling van de omstandigheden in de cel wordt er vaak een hogere concentratie ingesteld dan eigenlijk kan, om gisting te voorkomen. Bij dynamische CA kan de zuurstofconcentratie lager worden gehouden, want als de concentratie te laag dreigt te worden, wordt dit automatisch aangepast aan de hand van de ademhaling van het fruit. (Amerongen, 2013).

Deze bewaarmethode is voornamelijk geschikt voor climacterische vruchten, aangezien deze vruchten een hoge ademhaling hebben. Niet-climacterische vruchten hebben een veel lagere ademhaling en toepassing van C.A. kan dan leiden tot anaerobe omstandigheden in de vrucht en dat kan weer leiden tot fermentatie van de vrucht. Dit zorgt ervoor dat de vrucht zal bederven en dus minder lang houdbaar is onder deze omstandigheden (Hartoungh, 1978).

8.2 Ultra Low Oxygen bewaring

Deze methode wordt vooral toegepast bij het langdurig bewaren van appels, peren, blauwe bessen en kiwi's. Zoals de naam al zegt wordt het fruit bewaard in gasdichte bewaarcellen met extreem weinig zuurstof en een verhoogd CO₂ gehalte. Deze bewaring wordt vooral gebruikt voor lange termijn bewaring van fruit. (Amerongen, 2013).

8.3 Koude Bewaring

Bij deze bewaarmethode wordt het fruit bewaard bij een lage temperatuur, vaak in combinatie met een hoge luchtvochtigheid, maar dit verschilt per fruitsoort. De hoge luchtvochtigheid is om te voorkomen dat het fruit gaat verschrompelen, aangezien het fruit vocht verliest tijdens de bewaring. Door een hoge luchtvochtigheid is er wel meer kans op uitbraken van pathogenen, zoals schimmels en bacteriën (*Hartoungh, 1978*). Ook de minimale temperatuur is afhankelijk van het fruit wat bewaard wordt, want bij een te lage temperatuur zal het fruit beschadigen.

Ook moet er goed op gelet worden dat het fruit niet beschadigd of vies is voordat het in de bewaring komt, omdat dit de houdbaarheid niet ten goede komt en kan zorgen voor ziektes. Er moet wel rekening gehouden worden dat het rijpingsproces vaak versneld wordt als het fruit weer uit de koeling gehaald wordt (*Practical action, 2003*).

8.4 Luchtdruk bewaring

Een andere manier van het bewaren van vruchten is bewaring onder een lage luchtdruk. Bij deze bewaarmethode wordt de luchtdruk in de bewaarruimte verlaagd tot een tiende atmosfeer. Hierdoor verlaagt de zuurstofspanning waardoor het etheen wat zich in de vrucht heeft gevormd makkelijk via de huidmondjes uit de vrucht kan diffunderen en afgevoerd kan worden. Een luchtdruk van 100 mm Hg verlaagt de snelheid van rijping bij de meeste vruchten. Deze bewaring lijkt veel op de ULO bewaring, maar het verschil zit hem in de luchtdruk. Bij deze bewaarmethode wordt de zuurstofspanning verlaagd door middel van een lage luchtdruk, bij ULO bewaring wordt dit zonder lage luchtdruk gedaan (*Hartoungh, 1978*). Omdat deze techniek relatief duur is wordt deze vrijwel niet meer toegepast (*van der Hoorn, 2001*).

8.5 Toepassing van hormonen

Het hormoon etheen versnelt het rijpingsproces bij vruchten. Als er verschillende vruchtsoorten naast elkaar in een opslagruimte liggen kan het etheen van de ene vrucht de rijping van de andere vrucht versnellen. Het remmen van deze etheenproductie kan met behulp van hormonen, zoals bijvoorbeeld gibberelline. Gibberelline is een planten hormoon wat, in grote hoeveelheden, de plant remt. Het werkt bij het vertragen van de rijping waardoor de oogst verlengt kan worden en bij het vertragen van de ademhaling waardoor de vruchten langer houdbaar zijn na de oogst. (*Ben-Arie, Bazak, Blumenfeld, 1986*) Hierdoor wordt er minder etheen gevormd waardoor de rijping van de vrucht die de etheen produceert als de vrucht die ernaast ligt vertragen (*Hartoungh, 1978*).

8.6 Verpakkingen

In de winkel moet het fruit ook houdbaar blijven. Dit kan gedaan worden door het fruit te verpakken in verpakkingen die de ademhaling van het fruit tegen gaan. Zo kan bijvoorbeeld een verpakte komkommer bijna drie keer langer bewaard worden dan een naakte komkommer (*Vink, 2016*). Voor de pawpaw zouden verpakkingen die de ademhaling tegen gaan ook zeer nuttig kunnen zijn om de houdbaarheid in de winkel te verlengen.

Het gebruik van 1-methylcyclopropan (1-MCP) is bij veel climacterische vruchten al succesvol toegepast om de houdbaarheid te verlengen, aangezien dit een stofje is dat de productie van etheen remt. Dit gas wordt na het verpakken van het fruit in de verpakking gespoten. (*De Reuck, Sivakumar, Korsten, 2009*) Het gebruik van 1-MCP bij pawpaw zou dus ook toegepast kunnen worden tijdens de verpakking (*Archbold et al., 2003*)

Een andere manier van verpakken is modified atmosphere packaging, oftewel MA-verpakking. Bij deze manier van verpakken wordt het fruit geseald in een polymeer vlies om de zuurstof en koolstofdioxide niveaus in de verpakking te controleren. Daarnaast zorgt deze manier van verpakken er ook voor dat het vochtniveau in de verpakking behouden blijft en het fruit niet uitdroogt. Verder zorgt de verpakking er ook voor dat er geen invloeden van buiten af meer bij het fruit kunnen komen en verlaagd het de kans op pathogenen. (*Mir & Beaudry, 2004*)

9 Discussie

In dit hoofdstuk wordt een antwoord gevormd op de hoofdvraag: Welke fysiologische processen spelen zich af tijdens de rijping van het fruit en welke oogst- en bewaarstechniek kan het beste worden toegepast om de pawpaw zo lang mogelijk houdbaar te houden? Om deze hoofdvraag te beantwoorden, worden de houdbaarheidscriteria die gesteld zijn in hoofdstuk 6 besproken en is er gekeken hoe er aan die criteria voldaan kan worden. Ook worden de verschillende bewaringsmethoden vergeleken. Naar het bewaren van de werkzame stoffen wordt niet zozeer gekeken, aangezien de bewaring van deze stoffen geen problemen geven. De werkzame stoffen kunnen na extractie ingevroren worden in het donker. Voor lange bewaring kunnen ze in een vriezer van -80°C bewaard worden.

9.1 Oogst

Het tijdstip en de manier van oogsten hebben een grote invloed op de houdbaarheid van het fruit. Als de vrucht te vroeg wordt geoogst, rijpt het niet meer verder en kan het niet verkocht worden. Als de vrucht te laat wordt geoogst wordt de houdbaarheid verkort. De manier van oogsten is ook belangrijk, het fruit mag niet beschadigen tijdens de oogst. Beschadigd fruit heeft een grotere kans op pathogenen en wordt slechter verkocht.

De pawpaw kan het beste geoogst worden in de eerste stadia van de rijping. Om te bepalen of het fruit rijp wordt moet er zachtjes in geknepen worden, rijp fruit is namelijk zachter dan onrijp fruit. Fruit wat rijp begint te worden, en dus zachter is dan onrijp fruit, moet handmatig geplukt worden. Dit komt omdat het fruit aan de boom niet tegelijkertijd rijpt.

De meest geschikte manier om het fruit op tijd te oogsten is, om vanaf het begin van de oogsttijd (dit verschilt per cultivar), elke dag door de boomgaard te lopen en alle stukken fruit individueel te testen op de stevigheid. Op die manier kan het fruit bij de eerste tekenen van rijpheid direct geplukt worden en door handmatig te oogsten wordt ook de kans op beschadigingen verkleind. Er moet wel gelet worden dat er niet te hard in het fruit geknepen wordt, want dit vergroot de kans op beurse plekken.

9.2 Bewaring bij de teler

Om een overzichtelijk beeld te krijgen welke voor- en nadelen de verschillende bewaarmethodes hebben worden ze in tabel 3 afgezet tegen de verschillende criteria die gesteld zijn in hoofdstuk 7 en de kosten (van goedkoop naar duur) en vervolgens worden de verschillende bewaarmethodes besproken.

Tabel 3 De bewaarmethodes afgezet tegen de houdbaarheidscriteria

Methode Criteria	Controlled Atmosphere	Ultra Low Oxygen	Koude bewaring	Hormonen
Min 1 week houdbaar bij teler	+ Waardes onbekend	+	+	?
Voedingsstoffen behouden	+	+	+-	?
Min 2 weken houdbaar in winkel	+	+	+	+
Kosten (goedkoopste ++ naar duurste --)	- Koelcel + apparatuur + kosten stroom korte bewaring	-- Koelcel + apparatuur + kosten stroom lange bewaring	+	++ Hormoon + druksput

Uit de tabel komen de CA, ULO en koude bewaring het beste naar voren. Over hormoon bewaring is erg weinig bekend en het effect van hormonen op het fruit zijn ook niet bekend. Verder kan het gevaarlijk zijn om met het hormoon te werken, inademing, inslikken en contact met huid of ogen wordt ten strengste afgeraden. (Syngenta, 2014) Deze methode valt daarom af.

ULO bewaring wordt voornamelijk gebruikt voor de lange termijn bewaring van bijvoorbeeld appels en peren. Door een extreem laag zuurstofgehalte (bij appel 1,2%) en een zeer laag CO₂ gehalte (bij appel 4%) in een gasdichte koelcel te handhaven wordt de ademhaling in het fruit vrijwel helemaal gestopt. Ook wordt de temperatuur in de koelcel zeer laag gezet (bij appel 1°C) (Van den Berg, 2013). Aangezien lange termijn bewaring bij de pawpaw niet mogelijk is, valt ook deze bewaarmethode af.

De twee bewaarmethodes die overblijven en een grote kans maken zijn de koude bewaring en de CA bewaring. Deze worden hieronder verder uitgelicht.

9.2.1 Koude bewaring

Een bewaarmethode die geschikt is voor de bewaring van pawpaw fruit is de koeling, vaak in combinatie met hoge luchtvochtigheid. Bij een temperatuur van 4°C is het fruit maximaal vier weken houdbaar na de oogst. De teler moet voor deze bewaarmethode een koelcel aanschaffen, wat niet goedkoop is. Op internet zijn er vele koelcellen te koop, maar onder de €3000 zijn ze zelden te vinden. Daarnaast komen dan ook de kosten van de installatie, de stroomkosten en de onderhoudskosten erbij. In tabel 4 zijn deze kosten in U.S. dollars uitgewerkt. Een voordeel van een koelcel is wel, dat vele soorten groente en fruit goed bewaard kunnen worden in een koelcel. Een nadeel van deze methode is dat het fruit na verwijdering uit de koeling sneller zacht wordt en door de hoge luchtvochtigheid tijdens de bewaring is de kans op uitbraken van pathogenen groter.

Tabel 4 U.S. kosten voor het installeren van een koelcel (Watkins & Nock, 2012)

Refrigeration system	Conventional 1 ton refrigeration system
Refrigeration equipment	\$3000
Electrical, piping, refrigerant	\$2000
Labor	\$2000
Total cost	\$7000

9.2.2 Controlles Atmosphere bewaring

De andere bewaarmethode die gebruikt kan worden bij de teler is de controlled atmosphere. Met een verlaagd zuurstofgehalte en een verhoogd CO₂ gehalte wordt de ademhaling van het fruit geremd. Hierdoor is het fruit vaak 2 tot 4 keer zo lang houdbaar zonder verlies van kwaliteit en voedingsstoffen. Omdat de pawpaw een climacterische vrucht is, zou deze methode goed kunnen werken. Bij de custardappel (*Annona squamosa*), een neef van de pawpaw, wordt deze methode ook gebruikt voor de bewaring.

Een nadeel van deze methode is dat de teler een gasdichte koelcel moet bouwen, net als bij koude bewaring, maar daarnaast is er ook apparatuur nodig, namelijk: CO₂-scrubbers, O₂-scrubbers, etheen ontleders, een besturingssysteem, een bevochtigingssysteem, een flexibele buffer en onder- en overdrukkleppen nodig. Verder is er nog niet bekend welke concentraties het beste werken bij de bewaring van pawpaw en hoeveel langer de pawpaw bewaard kan worden onder die omstandigheden.

Controlled atmosphere bewaring gaat vaak samen met bewaring in de koeling. Als dit bij de pawpaw ook het geval is, omdat het bij warmere temperaturen niet langer houdbaar blijkt te zijn, is deze methode niet relevant. Pawpaw fruit kan nooit langer dan 4 weken in de koeling liggen, aangezien er na 4 weken koude beschadigingen optreden.

9.3 Vervoer

Voordat de pawpaw bij de consument in het mandje ligt, moet het vervoerd worden van de teler naar de groothandel of direct naar de winkel. Om te voorkomen dat het fruit tijdens het vervoer bederft of beschadigd moet het fruit gekoeld getransporteerd worden, of het fruit moet bij de teler al verpakt worden. Het probleem van gekoeld transporteren is, dat het fruit sneller zacht zal worden als het vervolgens niet gekoeld blijft. Het probleem van verpakt vervoeren is dat de teler het fruit zal moeten verpakken.

9.4 Bewaring bij de handel

Voor het bewaren van de pawpaw bij de handel zijn er twee opties: Verpakken of niet verpakken. Om ook deze overzichtelijk te krijgen zijn deze tegen elkaar afgezet in tabel 5. Vervolgens worden de twee methodes besproken.

Tabel 5 De bewaarmethodes bij de handel afgezet tegen de houdbaarheidscriteria

Methode Criteria	Verpakken	Niet verpakken
Minimaal 2 weken houdbaar	+	+
Beschadigingen voorkomen	+	-
Kosten en afval	-	+

9.4.1 Bewaren in de koeling

In de winkel moet het fruit minimaal twee weken kunnen liggen om de consument de kans te geven om het product te kopen. Het fruit kan dus niet bij het andere fruit los op kamertemperatuur bewaard worden. Een optie voor de bewaring kan zijn dat het fruit in de koeling bewaard wordt. Op die manier kan het fruit, zelfs als het bij de teler al een week gelegen heeft, nog minimaal twee weken bewaard worden. Het nadeel van deze manier van bewaren is dat het fruit, eenmaal uit de koeling, snel zachter wordt. De consument moet het fruit dus snel opeten als het gekocht is.

9.4.2 Verpakken

De andere methode van bewaring in de winkel is door het fruit te verpakken. Met een 1-MCP behandeling in combinatie met MA-verpakking zou het fruit ook langer houdbaar kunnen zijn, aangezien dit de ademhaling en de etheen productie van het fruit remt. Het fruit moet dan wel per stuk verpakt worden, wat als nadeel heeft dat het voor veel afval zorgt en duurder is dan wanneer het fruit naakt in de koeling komt te liggen. Het fruit moet ondanks de verpakking wel in de koeling komen te liggen als het fruit bij de teler ook in de koeling bewaard werd, omdat het fruit snel zacht wordt als het niet in de koeling ligt. Dit wordt veroorzaakt door enzymen in het fruit en staat dus los van de etheenproductie. Het fruit verpakken zal daarop geen invloed hebben. Als het fruit bij de teler niet koud bewaard wordt, maar met CA bewaring zonder koude kan er in de winkel gekozen worden om het verpakte fruit in de koeling te plaatsen of bij het overige fruit. Een groot voordeel van het fruit verpakken is dat het fruit wordt beschermd tegen beschadigingen en pathogenen en doordat de luchtvochtigheid in de verpakking geregeld kan worden zal het fruit niet uitdrogen. Ook is er een kans dat het verpakken van het fruit het bruin kleuren van de schil remt.

9.5 De voedingsstoffen

Pawpaw is een zeer gezonde vrucht met veel vitaminen, mineralen en antioxidanten. Dit moet tijdens de bewaring in het fruit blijven zitten. Met de controlled atmosphere bewaring en de bewaring in de koeling blijft de kwaliteit van het fruit gewaarborgd. Er zullen geen tot bijna geen voedingsstoffen uit het fruit verdwijnen. Vitamine C bijvoorbeeld blijft het best behouden in het fruit bij bewaring bij weinig O₂ en tot 10% CO₂. Bij bewaring in de koeling gaat de vitamine C langzaam achteruit bij fruit wat gevoelig is voor koude, zoals de pawpaw. Ook beurse plekken op het fruit kunnen lijden tot verlies van vitamine C (*Lee & Kader, 2000*). De carotenoïden in het fruit blijven bij koude bewaring bijna volledig bewaard. Als het fruit vervolgens verpakt wordt met een MA verpakking is er geen verlies van carotenoïden. Als het fruit niet verpakt wordt kan er een verlies ontstaan tot 50% van de carotenoïden. Het effect van CA bewaring op carotenoïden is niet bekend (*Kalt, 2005*). De hoeveelheid fenolen in het fruit blijft gelijk bij zowel koude bewaring als bij CA bewaring (*Kalt, 2005*). Het effect van bewaring op vitaminen in het fruit is niet bekend. Bij de bewaring met behulp van hormonen is het onduidelijk of de hormonen invloed hebben op de voedingsstoffen in het fruit.

10 Conclusie

De pawpaw is een climacterische vrucht. Dit betekent dat het een hoge ademhaling heeft met een etheenpiek. Hierdoor is de vrucht kort houdbaar.

10.1 Manier van oogsten

Om de vrucht zo lang mogelijk houdbaar te houden, moet er op een juiste manier geoogst worden. De vrucht moet al aan het rijpen zijn, want een onvolwassen vrucht rijpt niet verder eenmaal van de boom af. Daarnaast is een te rijpe vrucht niet lang genoeg houdbaar. Als de vrucht beschadigd tijdens het oogsten is de kans op ziektes groter en wordt de houdbaarheid ook korter. De juiste manier van oogsten is daarom, om vanaf het begin van de oogstperiode (dit tijdstip verschilt per cultivar) zachtjes in alle vruchten te knijpen. Als de vruchten rijpen worden ze zacht en dit is een goede indicator voor de oogst. Er mag niet te hard geknepen worden, omdat dit tot beurse plekken kan leiden wat de smaak en de houdbaarheid van de vrucht niet ten goede komt, ook is het niet aantrekkelijk voor de consument. De vruchten die zacht beginnen te worden moeten met de hand geplukt worden en voorzichtig gestapeld worden om naar de opslag te gaan. Om goed in de gaten te houden of het fruit op tijd geoogst wordt moet er minimaal om de dag iemand door de boomgaard lopen om de vruchten te controleren.

10.2 Opslag bij de teler

De bewaarmethode die het beste geschikt zouden zijn voor de bewaring van de pawpaw is de koeling. Het fruit is in de koeling ruim een week houdbaar en de kosten van een koelcel zijn lager dan de kosten van CA bewaring. Ook kunnen er meer soorten fruit in de koeling bewaard worden, dus is het een lange termijn investering.

10.3 Opslag bij de winkel

De beste methode om het fruit in de winkel te bewaren is om het fruit te verpakken. Dit zorgt ervoor dat het fruit beschermd is tegen pathogenen, beschadigingen, een snelle bruine schil en uitdroging. Het fruit moet wel nog steeds in de koeling bewaard worden.

11 Aanbevelingen

Om de pawpaw op de Nederlandse markt te krijgen moet er nog wel het een en ander gebeuren. Hieronder een aantal aanbevelingen die de komst van de pawpaw weer een stukje dichterbij halen.

11.1 Bewaring

Een mogelijke manier van bewaring is met de controlled atmosphere methode. Omdat de pawpaw een climacterische vrucht is en de bewaarmethode daarop inspeelt, en omdat het bij zijn neef, de custardappel, ook goed werkt, zou het bij de pawpaw ook een goede methode kunnen zijn. Er is alleen nog niet bekend onder welke omstandigheden de pawpaw het langst bewaard kan blijven en hoelang de bewaring dan mogelijk is.

Ook kan er gekeken worden naar de manier van verpakken. Een behandeling met 1-MCP en het fruit vervolgens verpakken in een MA-verpakking zou de houdbaarheid in de winkel flink kunnen verlengen. Bij andere climacterische vruchten is deze manier van verpakken ook succesvol.

11.2 Oogst

Om te bepalen of het fruit rijp is moet er zachtjes in geknepen worden. Dit is arbeidsintensief werk en kan leiden tot beschadigingen in het fruit. Met een apparaatje die de stevigheid van fruit werkt kan dit probleem opgelost worden. Deze apparaten bestaan al wel, maar vereisen meestal dat de vrucht al geplukt is en vaak gaat de vrucht stuk in het proces. Als er een apparaatje ontwikkeld kan worden die de stevigheid van het fruit kan meten terwijl het fruit nog aan de boom hangt, bijvoorbeeld met infrarood, dan kan dat een hoop arbeid en beschadigingen voorkomen.

11.3 Veredelen

Veel pawpaw rassen die nu te koop zijn, zijn landrassen. Dit betekent dat de bomen rechtstreeks uit de natuur komen en dat er slechts grove massaselectie is toegepast. De opbrengst en de eigenschappen van deze bomen zijn vaak ook minder dan van de aantal rassen waar wel op geselecteerd is. Daarom is veredelen pas een optie als er een goed commercieel ras is.

Als er goed gekeken is naar welke rassen een commerciële toekomst hebben kan er veredeld worden op fruitclusters die bijna of volledig gelijktijdig rijp zijn, zodat de pawpaw in minder tijd geoogst kan worden. Dit scheelt in arbeid, opslagruimte en opslagtijd. Ook kan de pawpaw dan langer bewaard worden in de winkel of bij de consument, omdat de vrucht voor een kortere periode bij de teler ligt.

Waar verder op veredeld kan worden is fruit wat zichtbaar verkleurd als het rijpt. Op die manier hoeft de teler niet meer in alle stukken fruit te knijpen, want de kans op beurse plekken flink verminderd. Er is dan in één oogopslag te zien welke stukken fruit rijp zijn. Dit scheelt ook in arbeid. Verder is veredelen op fruit wat langer houdbaar is verstandig.

Literatuurlijst

Inleiding

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Bordelon, B., 2004. Growing Pawpaws, Purdue University Cooperative Extension Service, Department of Horticulture, 01, p.1-4.

Crabtree, S.B., 2016. correspondentie via email.

Donno, D., et al., 2014. Chemical fingerprinting as nutraceutical quality differentiation tool in *Asimina triloba* L. fruit pulp at different ripening stages: an old species for new health needs, Journal of food and nutrition research, 53 (1), p. 81-95.

Galli, F., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2007. Pawpaw: An old fruit for new needs, acta horticulturae, 744 p. 461-466

Heijboer, I., 2015. Grootste pawpawteelt van Noord-Europa in het Nijverdal, <http://www.agf.nl/artikel/127058/Grootste-pawpawteelt-van-Noord-Europa-in-het-Nijverdal>

Joosten, M., Delsing, M., 2015. Pawpaw, <http://www.fruitlent.nl/pawpaw.html>

McGrath, M.J., Karahadian, C., 1994. Evaluation of physical, chemical and sensory properties of pawpaw fruit (*Asimina triloba*) as indicators of ripeness, journal of agricultural and food chemistry, 42 (4) p. 968-974.

McLaughlin, J.L., 2008. Paw paw and cancer: Annonaceous Acetoginines from discovery to commercial products, Journal of Natural Products, 71(7), p. 1311-1321.

Peterson, R.N., 1991. Pawpaw (*Asimina*), Acta Hort, p.569-600

Inhoudsstoffen pawpaw

Pomper, K.W., Layne, D.R., 2005. Horticultural reviews: volume 31, New York, John Wiley & sons.

Pomper, K.W., Lowe, J.D., et al., 2009. Identification of Annonaceous Acetoginines in the Ripe Fruit of the North American Pawpaw (*Asimina triloba*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57 (18), p.8339-8343.

Potts, L.F., et al., 2012. Annonacin in *Asimina triloba* fruit: Implication for neurotoxicity, Neurotoxicology, 33 p. 53-58.

Climacterische vrucht of non-climacterische vrucht?

Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2003. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics, postharvest biology and technology, 30 (1), p.99-103.

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Koslanund, R., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2005, Pawpaw [*Asimina triloba* (L.) Dunal] fruit ripening. I. Ethylene biosynthesis and production, Journal of the American society for horticultural science, 130 (4), p. 638-642.

Hartoungh, J.C.C., 1978. Bewaren van vruchten en groenten in de tropen, Dictaat tropische plantenteelt, Wageningen

Fysiologische processen tijdens de rijping

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2003. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics, postharvest biology and technology, 30 (1), p.99-103.

Brannan, R.G., et al., 2015. Phytochemical analysis of ten varieties of pawpaw (*Asimina triloba* [L.] Dunal) fruit pulp, Food Chemistry, 168, p.656-661.

Koslanund, R., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2005. Pawpaw [*Asimina triloba* (L.) Dunal] fruit ripening. I. Ethylene biosynthesis and production, Journal of the American society for horticultural science, 130 (4), p. 638-642.

Koslanund, R., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2005. Pawpaw [*Asimina triloba* (L.) Dunal] fruit ripening. II. activity of selected cell-wall degrading enzymes, Journal of the American society for horticultural science, 130 (4) p.643-648

Pomper, K.W., Layne, D.R., 2005. Horticultural reviews: volume 31, New York, John Wiley & sons.

Templeton, S.B., et al., 2003. Favorable taste ratings for several pawpaw products, Horttechnology, 13 (3), p.445-448.

Oogst

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2003. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics, postharvest biology and technology, 30 (1), p.99-103

Bellini, E., et al., 2003. The Pawpaw research program at the Horticulture Department of the University of Florence, HortTechnology, 13 (3) p.455-457

Brannan, R.G., et al., 2015. Phytochemical analysis of ten varieties of pawpaw (*Asimina triloba* [L.] Dunal) fruit pulp, Food Chemistry, 168, p.656-661.

García-Ramos, F.J., et al., 2005. Non-destructive fruit firmness sensors: a review, Spanish Journal of Agricultural Research, 3 (1), p. 61-73

Peterson, R.N., 1991. Pawpaw (*Asimina*), Acta Hort, p.569-600

Takao, H., Ohmori, S., 1994. Development of Device for Nondestructive Evaluation of Fruit Firmness, JARQ, 28 (1), p. 36-43

Templeton, S.B., et al., 2003. Favorable taste ratings for several pawpaw products, Horttechnology, 13 (3), p.445-448.

Huidige bewaring pawpaw

Alique, R., et al., 1994. Tolerance of Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) to Cold Storage, Journal of the American Society for horticultural science, 119 (3) p. 524-528

Broughton, W.J., Guat, T., 1979. Storage conditions and ripening of the custard apple *Annona squamosa* L., Scientia Horticulturae, 10 (1) p. 73-82.

Galli, F., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2007. Pawpaw: An old fruit for new needs, acta horticulturae, 744 p. 461-466.

Galli, F., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2008. Loss of ripening capacity of Pawpaw fruit with extended cold storage, Journal of agricultural and food chemistry, 56 (22) p. 10683-10688.

Galli, F., Archbold, D.D., Pomper, K.W., 2009. Pawpaw fruit chilling injury and antioxidant protection, Journal of the American society for horticultural science, 134 (4), p. 466-471.

Houdbaarheidscriteria

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Crabtree, S.B., 2015. correspondentie via email.

Bewaarmethodes algemeen

Archbold, D.D., et al., 2003. Ripening and postharvest storage of Pawpaw, HortTechnology, 13 (3) p.439-441.

Ben-Arie, R., Bazak, H., Blumenfeld, A., 1986, Gibberellin delays harvest and prolongs storage life of persimmon fruits, Acta Horticulturae, 179

Bewaarsystemen, Van Amerongen, 2013, onbekend, 04-09-2015, http://www.van-amerongen.com/NL/Bewaarsystemen_10_4_6.html

Cold storage of fruits and vegetables, Practical Action, The Schumacher centre for technology and development, 2003, onbekend, 16-11-2015, http://practicalaction.org/page/docs/technical_information_service/cold_storage_fruits_vegetables.pdf

De Reuck, K., Sivakumar, D., Korsten, L., 2009. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage, Postharvest Biology and Technology, p. 1-7

Hartoungh, J.C.C., 1978. Bewaren van vruchten en groenten in de tropen, Dictaat tropische plantenteelt, Wageningen

Hoorn, T. van der., 2001, Bewaren theorie, Ontwikkelcentrum, p. 41-42

Mir, N., Beaudry R.M., 2004. Modified atmosphere packaging, Agricultural handbook

Prasanna, K.N.V., Rao, D.V.S., Krishnamurthy, S., 2000. Effect of storage temperature on ripening and quality of custard apple (*Annona squamosa* L.) fruits, Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75 (5) p. 546-550.

Vink, J., 16 april 2016, Bioplastic, Trouw

Discussie

Berg, C., van den, 2013. Conservering voedingsmiddelen door koudeketens ULO-bewaring: tussen gisting en verbranding, Koude & luchtbehandeling RCC, 106, p. 21-25

Kalt, W., 2005. Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants, Journal of food science, 70 (1), p. 11-19

Lee, S.K., Kader, A.A., 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops, Postharvest Biology and Technology, 20, p. 207–220

Syngenta, 2014. Veiligheidsinformatieblad overeenkomstig Verordening, BERELEX GA 4/7, 1907/2006, versie 3, p. 1-10

Watkins, C.B., Nock, J.F., 2012. Production Guide for Storage of Organic Fruits and Vegetables, NYS IPM Publication, 10, p. 1-60

Biilage

Pomper, K.W., Crabtree, S.B., Lowe, J.D., 2009. 2009 Pawpaw Cultivars and Grafted Tree Sources, Kentucky State University

Bijlage

In deze bijlage is een tabel te vinden met daarin alle cultivars die tegenwoordig nog bestaan en, zover bekend, hoe ze ontstaan zijn. Dit zijn alle rassen die ooit benoemd zijn en die nog bestaan, een groot deel van deze rassen is alleen in het wild te vinden en niet te koop bij een kwekerij. Vertaald van Pomper, Crabtree, Lowe 2009.

Tabel 6 Tegenwoordig nog bekende cultivars en hoe ze ontstaan zijn

Cultivar	Beschrijving
Allegheny™	Geselecteerd door R. Neal Peterson. Fruit is middel vlezig; percentage zaden bij benadering 8% van het gewicht. Structuur middel stevig en zacht. Vruchtvlees geel. Grootte fruit bij benadering 125 g/fruit bij KSU. Fruit grootte kan profiteren van uitdunning als er veel fruit gezet wordt
Belle	
Collins	Geselecteerd in Georgia, Amerika
Convis	Geselecteerd van Corwin Davis boomgaard. Groot fruit, geel vruchtvlees; rijpt de eerste week van oktober in Michigan, Amerika
Davis	Geselecteerd uit het wild in Michigan door Corwin Davis in 1959. Geïntroduceerd in 1961 in Bellevue, Michigan. Middelgroot fruit tot 13 cm lang; groene huid; geel vruchtvlees; grote zaden; rijpt in de eerste week van oktober in Michigan; goed houdbaar in de koude bewaring.
Glaser	Geselecteerd door P. Glaser uit Evansville, Indiana. Middel groot fruit.
Greenriver Belle	Originele boom groeide bij de Green River in Hart County, Kentucky. Geselecteerd door Carol Friedman in 1998.
IXL	Hybride van Overleese en Davis; groot fruit; geel vruchtvlees; rijpt in de tweede week van oktober in Michigan.
Jonathan	
Kirsten	Hybride zaailing van Taytwo x Overleese; geselecteerd door Tom Mansell, Aliquippa, Pennsylvania
KSU-Atwood™	Zaailing van Maryland. Vrijgegeven door de Kentucky State University Horticulture Program in 2009. De cultivar is vernoemd naar Rufus B. Atwood, president van de Kentucky State College (nu university) van 1929 tot 1962. Fruit heeft groen-blauwe huid, geel-oranje vruchtvlees en weinig zaden. Fruit grootte en smaak middel; gemiddeld tussen 120 g/fruit en 150 g/fruit per boom bij KSU.
Lady D	
LA Native	Uit Los Angeles, bloeit laat in Tennessee, klein fruit.

Lynn's Favorite	Geselecteerd uit Corwin Davis boomgaard. Geel vruchtvlees, groot fruit; rijpt in de tweede week van oktober in Michigan.
Mango	Geselecteerd uit het wild in Tifton, Georgia, door Majoor C. Collins in 1970. Krachtige groei.
Marla	
Mary Foos Johnson	Geselecteerd uit het wild in Kansas door Milo Gibson. Zaailingen gedoneerd aan North Willamette Expt. Sta., Aurora, Oregon door Mary Foos Johnson. Groot fruit, gele huid; boterkleurig vruchtvlees; weinig zaden; rijpt in de eerste week van oktober in Michigan.
Middletown	Geselecteerd uit het wild in Middletown, Ohio, door Ernest J. Downing in 1915. Rijpt in midden September in Kentucky. Klein fruit; gemiddeld 75 g/fruit en 75 stukken fruit per boom bij KSU.
Mitchell	Geselecteerd uit het wild in Jefferson Co., Illinois, door Joseph W. Hickman in 1979. Fruit: Lichtelijk gele huid, gouden vruchtvlees, weinig zaden. Middel groot fruit; gemiddeld 115 g/fruit en 60 stukken fruit per boom bij KSU.
NC-1	Hybride zaailing van Davis x Overleese; geselecteerd door R. Douglas Campbell, Ontario, Canada, in 1976. Fruit heeft weinig zaden, gele huid en geel vruchtvlees; dunne huid; rijpt vroeg, 15 september in Ontario en begin september in Kentucky. Groot fruit; gemiddeld 180 g/fruit en 45 stukken fruit per boom bij KSU.
Overleese	Geselecteerd uit het wild in Rushville, Indiana, door W.B. Ward in 1950. Rijpt vroeg September in Kentucky en de eerste week van oktober in Michigan. Groot fruit; gemiddeld meer dan 170 g/fruit en 55 stukken fruit per boom bij KSU.
PA-Golden 1	Geselecteerd als zaailing uit zaad uit de George Slate collectie van John Gordon, Amherst, New York. Fruit heeft een gele huid tijdens het rijpen en gouden vruchtvlees; rijpt laat augustus in Kentucky en midden september in New York. Middel groot fruit; gemiddeld 110 g/fruit en 120 stukken fruit per boom bij KSU.
PA-Golden 2	Geselecteerd als zaailing uit zaad uit de George Slate collectie van John Gordon, Amherst, New York. Fruit heeft een gele huid, gouden vruchtvlees; rijpt midden september in New York.
PA-Golden 3	Geselecteerd als zaailing uit zaad uit de George Slate collectie van John Gordon, Amherst, New York. Fruit heeft een gele huid, gouden vruchtvlees; rijpt midden september in New York..
PA-Golden 4	Geselecteerd als zaailing uit zaad uit de George Slate collectie van John Gordon, Amherst, New York. Fruit heeft een gele huid, gouden vruchtvlees; rijpt midden september in New York.
Potomac™	Geselecteerd door R. Neal Peterson als zaailing van een boom in de Blandy Experimental Farm. Extreem vlezig. Percentage zaden ~ 4% van het gewicht. Structuur stevig, smeltend, zacht. Vruchtvlees kleur midden geel. Groot fruit; gemiddeld 235 g/fruit en 45 stukken fruit per boom bij KSU. Problemen met scheuren van het fruit in sommige jaren.

Prolific	Geselecteerd door Corwin Davis, Bellevue, Michigan, in midden 1980s. groot fruit, geel vruchtvlees; rijpt in de eerste week van oktober in Michigan. Middelgroot fruit bij KSU.
Rappahannock™	Geselecteerd door R. Neal Peterson als zaailing van een boom in de Blandy Experimental Farm. Rijpt midden september in Kentucky. Dit fruit kleurt geel als hij geplukt kan worden. Deze boom heeft een ongewone bladstand, waarbij het blad horizontaal tot opstaand is, waardoor het fruit goed zichtbaar is onder de bladeren. Klein fruit; gemiddeld 95 g/fruit en 95 stukken fruit per boom bij KSU. Gepatenteerd in 2004; vermeerdering is niet toegestaan zonder toestemming.
Rebecca's Gold	Geselecteerd van Corwin Davis zaad, Bellevue, Michigan, door J.M. Riley in 1974. Middel groot fruit; niervorming; geel vruchtvlees.
Ruby Keenan	Middelgroot fruit met excellente smaak.
SAA-Overleese	Geselecteerd van Overleese zaad door John Gordon, Amherst, NY, in 1982. Groot fruit; rond gevormd; groene huid; geel vruchtvlees; weinig zaden; rijpt in midden oktober in New York.
SAA-Zimmerman	Geselecteerd als zaailing van zaad van de G.A. Zimmerman collectie door John Gordon, Amherst, NY, in 1982. Groot fruit; gele huid en geel vruchtvlees; weinig zaden.
Shenandoah™	Geselecteerd door R. Neal Peterson als zaailing van Overleese. Fruit met weinig zaden (ca. 7% van het gewicht). Vruchtvlees is creme geel. Rijpt in September in Kentucky. Fruitgrootte is middelgroot; gemiddeld 150 g/fruit en 80 stukken fruit per boom bij KSU. Gepatenteerd in 2004; vermeerdering is niet toegestaan zonder toestemming.
Sibley	
Sue	Geselecteerd in Zuid Indiana. Middelgroot fruit, geel vruchtvlees, gele huid als hij rijp is.
Sunflower	Geselecteerd in het wild in Chanute, Kansas, door Milo Gibson in 1970. Boom gemeld als zelfbevruchtend. Gele huid; boterkleurig vruchtvlees; weinig zaden; rijpt begin tot midden september in Kentucky en de eerste week van oktober in Michigan. Groot fruit; gemiddeld 155 g/fruit en 75 stukken fruit per boom bij KSU.
Sun-Glo	Gele huid, geel vruchtvlees, groot fruit, rijpt in de eerste week van oktober in Michigan.
Susquehanna™	Geselecteerd door R. Neal Peterson als zaailing van een boom in de Blandy Experimental Farm. Weinig zaden (ca. 4% van het gewicht), zeer vlezig, geel vruchtvlees, dikke huid; deze variëteit is minder kwetsbaar dan de meesten. Rijpt eind september in Kentucky. Gepatenteerd in 2004; vermeerdering niet toegestaan zonder toestemming. Groot fruit; gemiddeld 185 g/fruit en 40 stukken fruit per boom bij KSU.
Sweet Alice	Geselecteerd in het wild in West Virginia door Homer Jacobs van het Holden Arboretum, mentor, Ohio, in 1934. Middelgroot fruit.

Sweet Virginia	
Taylor	Geselecteerd in het wild in Eaton Rapids, Michigan, door Corwin Davis in 1968. Groene huid, geel vruchtvlees; rijpt in september in Kentucky en in de eerste week van oktober in Michigan. Middelgroot fruit; gemiddeld 110 g/fruit en 70 stukken fruit per boom bij KSU.
Taytwo	Geselecteerd in het wild in Eaton Rapids, Michigan, door Corwin Davis in 1968. Soms gespeld als Taytoo. Lichtgroene huid, geel vruchtvlees; rijpt in september in Kentucky en in de eerste week van oktober in Michigan. Middelgroot fruit; gemiddeld 120 g/fruit en 75 stukken fruit per boom bij KSU.
Tollgate	Geel vruchtvlees, groot fruit, rijpt de eerste week van oktober in Michigan.
Wabash™	Geselecteerd door R. Neal Peterson als zaailing van een boom in de Blandy Experimental Farm. Zeer vlezig, percentage zaden ~ 6% van het gewicht. Structuur is middelstevig, romig en glad. Vruchtvlees is geel tot oranje. Vruchtgrootte is groot; gemiddeld 185 g/fruit en 65 stukken fruit per boom bij KSU. Problemen met scheuren van het fruit in sommige jaren.
Wells	Geselecteerd in het wild in Salem, Indiana, door David Wells in 1990. Groene huid, oranje vruchtvlees. Rijpt midden tot eind september in Kentucky. Fruitgrootte middelgroot; 105 g/fruit en 65 stukken fruit per boom bij KSU.
Wilson	Geselecteerd in het wild op Black Mountain, Harlan Co., Kentucky, door John V. Creech in 1985. Gele huid, gouden vruchtvlees. Rijpt in september in Kentucky. Klein fruit; gemiddeld 90 g/fruit en 130 stukken fruit per boom bij KSU.
Zimmerman	Geselecteerd in New York van G.A. Zimmerman zaad door George slate. Middelgroot fruit.