



DIGITIZATION OF ETHYLENE PRODUCTION THE PULSE OF QUALITY DYNAMICS

Ethylene plays a crucial role in fruit ripening. Even a small amount of ethylene can cause a chain reaction, speeding up the ripening process and accelerating quality deterioration. To better deal with this, we developed a mathematical model that predicts ethylene production based on current storage conditions. By simplifying the complex underlying biochemistry into a practical framework, we gain valuable insights into fruit behavior. With this, we believe we will be able to better manage storage and prevent unnecessary losses into the future.



MODELING IS
THE ART OF
SIMPLIFICATION

THE
MODEL CAN
SHOW THE
ETHYLENE
PRODUCTION
PREDICT
IT WELL

ONE RIPE FRUIT CAN SPOIL EVERYTHING....

This has everything to do with ethylene, a natural ripening hormone, which initiates and accelerates the ripening process. Obviously, the ethylene effect is crucial in post-harvest management, from the storage stage to distribution. Even a small amount of ethylene can have a significant effect on fruit quality, which makes controlling it a lot harder. But what if we have a model that predicts ethylene production based on actual environmental conditions, either in a cold store or even in the rest of the chain? This will certainly facilitate post-harvest management decisions.

DYNAMICS OF ETHYLENE PRODUCTION

To arrive at a mathematical model, it is important to understand how ethylene biosynthesis proceeds, and then capture the essence in mathematical equations. Ethylene biosynthesis starts from SAM, which is converted to ethylene through an enzymatic process in two steps - via ACC. The first step is made possible by ACC synthase and the second by ACC oxidase. The latter step requires oxygen. The more ethylene is produced, the more it fuels its own synthesis. This process is simplified in Figure 1. The relationships from this figure were then translated into mathematical equations.

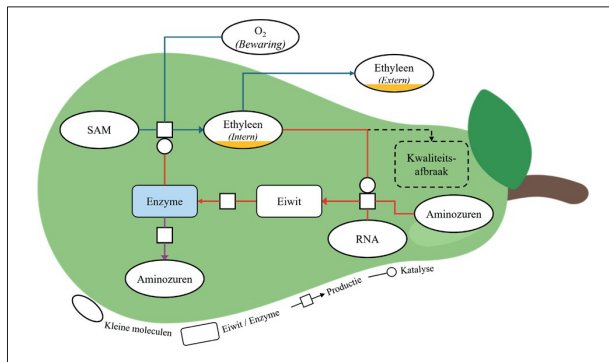


Figure 1: A schematic overview of the ethylene model that was translated into mathematical equations

THE MODEL

We challenged our ethylene model with storage data from Conference pear storage at a standard ULO condition (-1 °C, 3 kPa O₂ and 0.7 kPa CO₂) and a DCA condition at -1 °C, at both lab scale and field scale. Our validation result showed that the model prediction agrees well with the data from the experimental environment. Figure 2 illustrates the ethylene production of Conference pear stored in the field situation. In this particular case, fruits were first stored under ULO for 60 days and then stored under DCA for another 100 days. We then measured the ethylene production of the pears

during display (12 days 18 °C) to validate our model prediction. The model prediction agrees with the measured pattern from real-world conditions. This shows that in addition to validation in a laboratory environment, the model can also predict ethylene production well in the industrial context.

This work can further improve postharvest management by providing more insights into fruit physiology throughout the chain. Ultimately, this will help reduce storage losses leading to improved industry profitability.

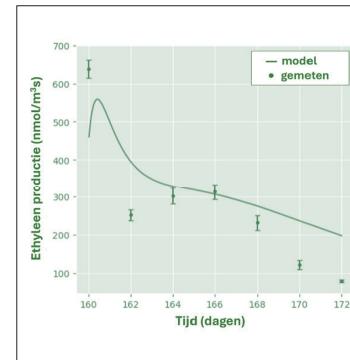
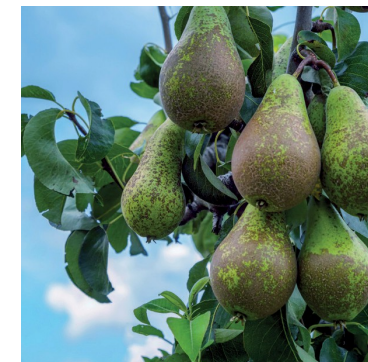


Figure 2: Ethylene production rate during display at 18 °C, after 60 days of ULO storage followed by 100 days of DCA storage.



DIGITIZATION OF ETHYLENE PRODUCTION - THE PULSE OF QUALITY DYNAMICS

This study presents a mathematical model for predicting the ethylene production rate in 'Conference' pear, balancing biological accuracy with practical applicability. By simplifying ethylene biosynthesis into a single enzyme system, the model captures ethylene dynamics while retaining its simplicity. Validation in both lab and industry settings shows that the model reliably predicts ethylene production rate under various storage conditions. These findings highlight the model's potential to optimize postharvest management by providing insights into fruit ripening, which help reduce waste, enhance fruit quality, and improve profitability in the industry.

This research is within the European Horizon 2020 project "ENOUGH" (Project No 101036588).



DIGITALISERING VAN ETHYLEENPRODUCTIE DE POLSSLAG VAN KWALITEITSDYNAMIEK

Ethyleen speelt een cruciale rol bij het rijpen van fruit. Zelfs een kleine hoeveelheid ethyleen kan een kettingreactie veroorzaken, waardoor het rijpsproces wordt versneld en de kwaliteit sneller achteruit gaat. Om hier beter mee om te kunnen gaan, hebben we een wiskundig model ontwikkeld dat de productie van ethyleen voorspelt op basis van de actuele bewaarcondities. Door de complexe onderliggende biochemie te vereenvoudigen tot een praktisch raamwerk, krijgen we waardevolle inzichten in het gedrag van het fruit. Hiermee denken we de bewaring beter te kunnen gaan aansturen en onnodige verliezen naar de toekomst te voorkomen.

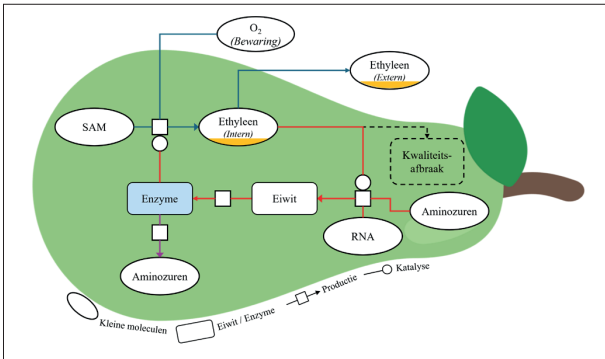
HET
MODEL KAN
DE ETHYLEEN-
PRODUCTIE
GOED
VOORSPELLEN

EÉN RIJPE VRUCHT KAN ALLES BEDERVEN...

Dit heeft alles te maken met ethyleen, een natuurlijk rijpingshormoon, dat het rijpsproces initieert en versnelt. Het spreekt voor zich dat het ethyleeneffect cruciaal is bij het naoogstbeheer, van de opslagfase tot distributie. Zelfs een kleine hoeveelheid ethyleen kan een aanzienlijk effect hebben op de kwaliteit van het fruit, wat de controle hierop een stuk lastiger maakt. Maar wat als we een model hebben dat de ethyleenproductie voorspelt op basis van actuele omgevingscondities, hetzij in een koelcel of zelfs in de rest van de keten? Dit zal de besluitvorming over het beheer na de oogst zeker vergemakkelijken.

DYNAMIEK VAN DE ETHYLEENPRODUCTIE

Om te komen tot een wiskundig model is het belangrijk om te begrijpen hoe de ethyleenbiosynthese verloopt, om daarna de essentie te vangen in wiskundige vergelijkingen. De ethyleenbiosynthese begint vanaf SAM, dat via een enzymatisch proces in twee stappen - via ACC - wordt omgezet in ethyleen. De eerste stap wordt mogelijk gemaakt door ACC-synthase en de tweede door ACC-oxidase. Voor deze laatste stap is zuurstof nodig. Hoe meer ethyleen er wordt geproduceerd, hoe meer het zijn eigen synthese aanwakkerd. Dit proces wordt vereenvoudigd weergegeven in Figuur 1. De relaties uit deze figuur werden vervolgens vertaald in wiskundige vergelijkingen.



Figuur 1: Een schematisch overzicht van het ethyleenmodel dat werd vertaald in wiskundige vergelijkingen



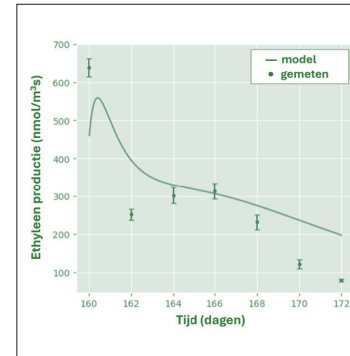
MODELLEREN
IS DE KUNST
VAN HET VER-
EENVOUDIGEN

HET MODEL

We hebben ons ethyleenmodel uitgedaagd met de bewaargegevens van Conference peer bewaring bij een standaard ULO conditie (-1 °C, 3 kPa O₂ en 0.7 kPa CO₂) en een DCA conditie bij -1 °C, zowel op laboschaal als ook praktijkschaal. Ons validatieresultaat toonde aan dat de modelvoorspelling goed overeenkomt met de gegevens uit de experimentele omgeving. Figuur 2 illustreert de ethyleenproductie van Conference peer opgeslagen in de praktijksituatie. In dit specifieke geval werden de vruchten eerst 60 dagen bewaard onder ULO om daarna nog 100 dagen bewaard te worden onder DCA. Daarna hebben we de ethyleenproductie van de peren gemeten

tijdens de uitstalling (12 dagen 18 °C) om onze modelvoorspelling te valideren. De modelvoorspelling komt overeen met het opgemeten patroon uit de praktijk. Dit toont aan dat het model, naast de validatie in een laboratoriumomgeving, ook de ethyleenproductie in de industriële context goed kan voorspellen.

Dit werk kan het naoogstbeheer verder verbeteren door meer inzichten te bieden in de fysiologie van het fruit doorheen de keten. Uiteindelijk zal dit bijdrage aan een reductie van de bewaarverliezen wat leidt tot een betere winstgevendheid van de industrie.



Figuur 2: Ethyleenproductiesnelheid tijdens de uitstalling bij 18 °C, na 60 dagen ULO bewaring gevolgd door 100 dagen DCA bewaring.



DIGITALIZATION OF ETHYLENE PRODUCTION - THE PULSE OF QUALITY DYNAMICS

This study presents a mathematical model for predicting the ethylene production rate in 'Conference' pear, balancing biological accuracy with practical applicability. By simplifying ethylene biosynthesis into a single enzyme system, the model captures ethylene dynamics while retaining its simplicity. Validation in both lab and industry settings shows that the model reliably predicts ethylene production rate under various storage conditions. These findings highlight the model potential to optimize postharvest management by providing insights into fruit ripening, which help reduce waste, enhance fruit quality, and improve profitability in the industry.

Dit onderzoek kadert binnen het Europese Horizon 2020 project "ENOUGH" (Project No 101036588).