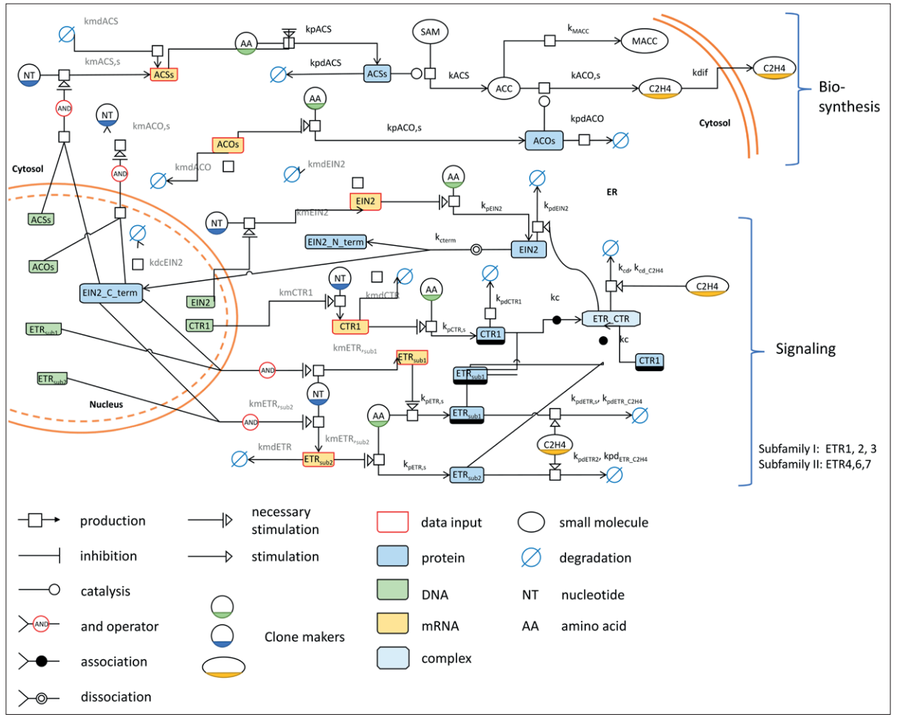
MODEL VOOR PRODUCTIE EN SIGNAALWERKING VAN ETHYLEEN

Wiskundige modellen kunnen helpen om complexe biologische processen te ontwarren. Zo gebruikt VCBT modellen om de veranderingen in naoogstkwaliteit te voorspellen om zo de praktijk beter te kunnen adviseren. De biosynthese en signalering van ethyleen zijn twee belangrijke routes in de plantenfysiologie, waaronder de rijping van fruit. Deze studie had tot doel een kinetisch model van ethyleenbiosynthese en zijn signaalroutes te ontwikkelen, uitgaande van de transcripten. Het model maakt het mogelijk om de veranderingen in de tijd te beschrijven van verschillende componenten van de biosynthese van ethyleen en de signalering ervan tijdens de rijping van tomaat.

HET MODEL HELPT MET DOELGERICHT VEREDELEN, BIJVOORBEELD VOOR DE ONTWIKKELING VAN HITTETOLERANTE SOORTEN DIE OOK ONDER WARME CONDITIES GOED AFRIJPEN

ELK MODEL BEGINT MET EEN GOED BEGRIP

Om een wiskundig model uit te schrijven vertrekken we vanuit wat gekend is in de literatuur. Soms is dit zeer gedetailleerde informatie, en voor sommige stukken is er misschien nog niet voldoende bekend. In functie van de metingen die we kunnen verzamelen wordt het verhaal vereenvoudigd om de complexiteit in overeenstemming te brengen met de informatie die we kunnen bekomen. Bij onvoldoende bewezen inzichten zullen we realistische aannames moeten maken om ons verhaal op te baseren. Zo werd er een conceptueel model gemaakt dat de samenhang beschrijft tussen ethyleenbiosynthese en zijn signaalwerking (Figuur 1). Hierbij wordt het volledig pad van genexpressie tot afgifte van ethyleen (C2H4) meegenomen. Zowel de verschillende sleutelenzymen (ACS, en ACO) als de belangrijkste tussenproducten (zoals ACC) zijn hierin opgenomen. In een laatste stap wordt ethyleen afgegeven door de vrucht.



Figuur 1: Weergave van het conceptueel model voor ethyleenbiosynthese en signaalwerking

De ethyleenbiosynthese is al goed gekend, maar er is nog veel onduidelijk rond de signaalwerking van ethyleen. Hierbij is een grote familie van ethyleen-receptoren (ETR en CTR) betrokken die samen ethyleen kunnen waarnemen. Elk van deze eiwitten wordt constant vers aangemaakt en na verloop van tijd weer afgebroken. De essentie is dat na detectie van ethyleen er een signaaleiwit (EIN2) naar de kern kan gaan waar het diverse processen opstart die bijvoorbeeld te maken hebben met vruchtrijping.

Uiteindelijk werd het conceptueel model uit Figuur 1 vertaald in overeenkomstige wiskundige uitdrukkingen die het mogelijk maken de resultaten getalsmatig uit te drukken. Verder werden experimentele metingen verzameld van tomaten geteeld onder warme en gematigde groeitemperaturen om het model te ijken.

WAT HEBBEN WE GELEERD OVER DE ETHYLEENBIOSYNTHESE

Voorlopige resultaten laten zien dat de gemeten hoeveelheid aan enzymen (ACO en ACS) en hun activiteit in overeenstemming is met de gemeten genexpressie. Verder zien we dat de verschillende vormen van eenzelfde enzym verschillend bijdragen aan de totale opgemeten activiteit en dus ook aan de waargenomen ethyleenproductie. Uit de analyses blijkt verder dat de ethyleenproductie sterk gereguleerd wordt door de beschikbare hoeveelheid SAM, de primaire grondstof voor de ethyleenproductie. De resultaten tonen ook aan dat onder verschillende groeiomstandigheden (warme versus gematigde groeitemperaturen) de kinetiek van de ethyleenbiosynthese gelijkaardig blijft.

WAT HEBBEN WE GELEERD OVER DE SIGNAALWERKING

Ervan uitgaande dat de aanmaak van de ethyleen-receptoren hetzelfde is bij de verschillende groeiomstandigheden, tonen de resultaten aan dat de hogere temperaturen de afbraak van de receptoreiwitten lijken te versnellen. Dit heeft zijn effect op de gevoeligheid aan ethyleen. Het model voor de signaalwerking is helaas te complex voor wat we met de experimentele data kunnen onderbouwen. Uiteindelijk hebben we dit model dus moeten vereenvoudigen. Op dit moment hebben we ook nog geen data beschikbaar om de koppeling te maken naar bijvoorbeeld de kleurverandering en het afrijpen van de vrucht. Dit gaat in de nabij toekomst nog wel gebeuren.

PLANNEN MET HET MODEL

Een eerste belangrijk resultaat is dat het opstellen van een dergelijk model ons dwingt om goed te kijken naar wat we weten van ethyleenproductie en zijn signaalwerking. Door zo de tekorten in onze kennis te achterhalen, gaan we beter onderzoek kunnen uitvoeren in de toekomst. Een goed begrip van het mechanisme van ethyleengereguleerde rijping van tomaat is belangrijk om op termijn de vruchtkwaliteit en de houdbaarheid na de oogst verder te verbeteren. Het model maakt het mogelijk de rol van de verschillende enzymen en signaaleiwitten te achterhalen waar we dan doelgericht op kunnen gaan veredelen, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van hittetolerante soorten die ook onder warme condities goed afrijpen. Hoewel tomaat als modelsysteem werd gebruikt, verwachten we dat de resultaten overdraagbaar zijn naar andere belangrijke climacterische vruchten.

KINETIC MODELLING OF ETHYLENE BIOSYNTHESIS AND ITS SIGNALLING PATHWAYS IN TOMATO FRUIT

Kinetic modelling is a mainstream approach to untangle complex biological networks and their regulation in response to different conditions. The kinetic model is a useful tool to predict the changes of fruit quality and the shelf-life, eventually improve postharvest practices and to control fruit quality. Ethylene biosynthesis and signalling are two key pathways in plant physiology including fruit ripening. This study aimed to develop a kinetic model of ethylene biosynthesis and its signalling pathways starting from the transcripts. The model allows to describe the changes in time of different components of ethylene biosynthesis and its signalling during tomato fruit ripening and in response to various postharvest conditions.

Dit onderzoek werd gefinancierd door NAFOSTED (FWO.106-NN.2017.01) en het VLIR-UOS Global Minds programme 2018.