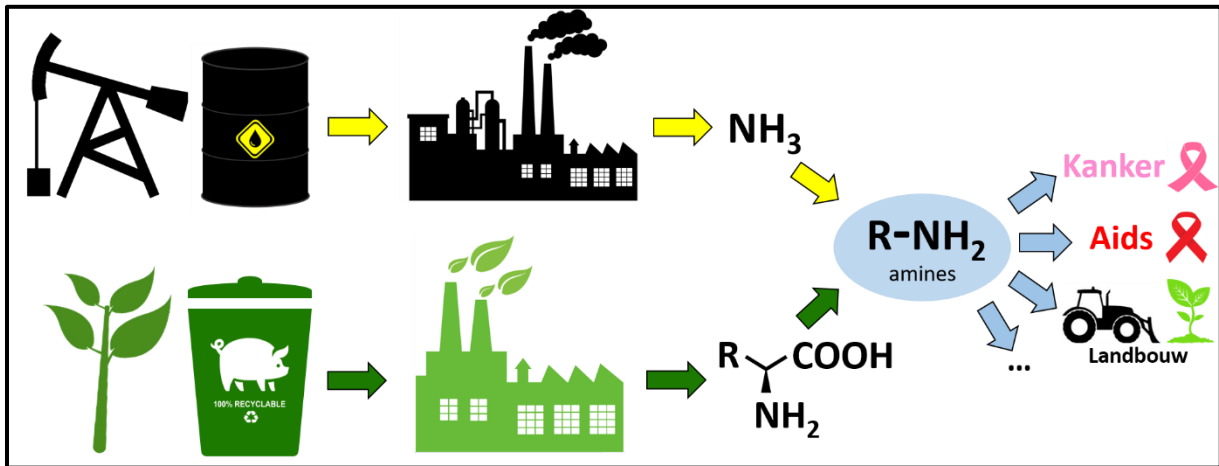


## Aminozuren uit eiwitrijke afvalstromen: hernieuwbare grondstof voor de productie van primaire amines



Wie frequent het nieuws leest of kijkt op tv, kan geconfronteerd worden met allerhande verontrustende zaken: diersoorten die uitsterven, vervuiling van het land en zeeën, een te hoge koolstofdioxide uitstoot, de opwarming van de aarde, slinkende oliereserves en de Amerikaanse president Trump die klimaatverandering een 'hoax' noemt. Met andere woorden, de aarde waarop wij wonen, is verre van utopisch. Gelukkig zijn ingenieurs en wetenschappers druk bezig met het zoeken naar oplossingen voor al deze milieuproblemen. Ook Robin Coeck, een kersverse bio-ingenieur, droeg zijn steentje bij. Hij onderzoekt namelijk het gebruik van aminozuren voor de productie van biogebaseerde primaire amines, belangrijke stikstof bevattende bouwstenen in de chemische industrie.

De idee om plantenresten (en andere afvalstromen) te gebruiken voor de productie van chemicaliën, wint elk jaar aan populariteit. Deze productstromen worden steeds meer aanzien als een hernieuwbare grondstof in plaats van 'nutteloos afval'. Het onderzoek van Robin Coeck biedt nu ook de mogelijkheid om een breed gamma aan primaire amines te produceren uit biologisch materiaal. Tot nu toe hebben amines een fossiele oorsprong. Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) wordt namelijk geproduceerd uit aardgas via het Haber-Boschproces. Vervolgens wordt deze ammoniak gebruikt om verschillende organische componenten, die vaak zelf ook gebaseerd zijn op fossiele grondstoffen, te amineren tot amines. Ondanks hun niet optimale afkomst, hebben deze moleculaire bouwblokken toch een groot maatschappelijk nut. Amines worden bijvoorbeeld gebruikt in de synthese van landbouwchemicaliën en medicijnen tegen kanker, aids, alvleesklierziekten, etc. De synthese van amines uit aminozuren biedt dus een groen en milieuvriendelijk alternatief. Toch brengt dit nieuwe proces enkele vragen met zich mee.

### “Wat zijn aminozuren eigenlijk?”

Aminozuren zijn de moleculaire bouwblockjes waaruit proteïnen of eiwitten zijn opgebouwd, net zoals je met LEGO®-blockjes een bouwwerk kan maken. Deze proteïnen, aanwezig in elk organisme, bestaan uit twintig fundamentele aminozuren die minstens één stikstofhoudende aminogroep ( $-\text{NH}_2$ ) en één zuurstofrijke carboxylzure groep ( $-\text{COOH}$ ) bevatten. Deze fundamentele aminozuren worden verder opgedeeld in elf niet-essentiële aminozuren (die het menselijk lichaam zelf kan maken) en negen essentiële aminozuren (die we moeten opnemen uit onze voeding).

### **“Waar komen deze aminozuren vandaan? Aminozuren zijn toch eetbaar, gaan ze dan niet beter naar de voedingsindustrie?”**

Momenteel worden de meeste aminozuren in zuivere vorm geproduceerd via een fermentatieproces. Deze aminozuren zijn inderdaad beter geschikt voor de voedings- en voederindustrie. Eiwitrijke afvalstromen echter, zoals slachtafval en zijstromen van de landbouw, zijn wel geschikt voor de synthese van chemicaliën. Zowel vanuit een economisch als een milieubewust standpunt is dit een goede zaak. Afvalstromen zijn zeer goedkoop. De valorisatie ervan tot hoogwaardige chemicaliën laat toe om veel winst te maken. Anderzijds worden deze productstromen meestal verbrand of soms gebruikt als voeder. Beide scenario's resulteren in de uitstoot van  $\text{NO}_x$  en/of  $\text{NH}_3$ . Deze komen als broeikasgassen terecht in onze atmosfeer of vervuilen het grondwater. Tot slot moet er ook bemerkt worden dat de voedingsindustrie maar een beperkte hoeveelheid aan aminozuren nodig heeft. De huidige aminozuurmarkt verbruikt namelijk 6,8 miljoen ton per jaar. Dit is relatief weinig, wetende dat er bijvoorbeeld jaarlijks 24,7 miljoen ton aan kippenveermeel geproduceerd wordt, een soort slachtafval dat voor 85% bestaat uit proteïnen.

### **“Hoe zet je aminozuren precies om in amines?”**

Hier zijn twee mogelijkheden voor. Een eerste is via hydrodeoxygenatie (HDO). Zoals eerder vermeld bezitten alle aminozuren inherent een amine- en een carboxylzure groep. Bij HDO wordt de carboxylzure groep ( $-\text{COOH}$ ) omgevormd tot een methylgroep ( $-\text{CH}_3$ ). De resulterende amines bevatten een stereocentrum, zoals dat in de chemie genoemd wordt. Het is net als je linkerhand vergelijken met je rechterhand. Elke hand bevat een duim, wijsvinger, middenvinger, ringvinger en pink, maar ze zijn voor beide handen op een verschillende manier aan je handpalm bevestigd. Zo kunnen ook organische groepen op een verschillende manier aan een koolstofatoom gebonden worden.

Naast HDO kunnen primaire amines worden gemaakt via decarboxylatie van aminozuren (DCO). Hier wordt de carboxylzure groep van het aminozuur afgeknipt, wat resulteert in eindstandige, primaire amines. In het onderzoek van Robin Coeck was de DCO van aminozuren zeer succesvol. Met het aminozuur L-valine als modelsubstraat werd een opbrengst van 87% verwezenlijkt voor isobutylamine. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een vaste, makkelijk af te scheiden rutheniumkatalysator. Daarnaast werden de reacties uitgevoerd in water als milieuvriendelijk solvent. Het succes bleef echter niet beperkt tot L-valine. Bijna alle andere aminozuren konden eveneens met succes worden gedecarboxyleerd. Toegevoegd extern zuur bleek een grote invloed te hebben op de uiteindelijke productopbrengst. Zuren kunnen immers een positief proton doneren aan een amine. Dankzij dit proton is het amine in water beschermd tegen degradatiereacties. Anderzijds versnellen protonen de nevenreactie (HDO). Om die redenen is er een optimum voor de toegevoegde hoeveelheid zuur.

### **“Is de valorisatie van eiwitrijke afvalstromen eenvoudig en economisch haalbaar?”**

Momenteel is de grootste uitdaging de scheiding van de verschillende aminozuren, verkregen uit deze afvalstromen. Geïsoleerde proteïnen kunnen altijd opgesplitst worden in afzonderlijke aminozuren, maar het scheidingsproces van de twintig verschillende aminozuren is nog niet optimaal. Om opnieuw de analogie te maken met een bouwwerk uit LEGO®: een bouwwerk kan relatief eenvoudig worden afgebroken tot individuele LEGO®-blokjes, maar het sorteren van de blokjes per kleur of soort, gebeurt moeizamer. Met de nieuwe resultaten uit het onderzoek van Robin Coeck kan dit scheidingsprobleem omzeild worden. De ontwikkelde reactie kan namelijk uitgevoerd worden op mengsels van aminozuren. De geproduceerde amines kunnen nadien veel eenvoudiger van elkaar worden gescheiden via bijvoorbeeld destillatie (scheiding op basis van kooktemperatuur).

Eiwitrijke afvalstromen zijn dus zeer geschikt voor de synthese van duurzame primaire amines. Het nieuwe katalytische proces biedt niet alleen een alternatief op de petroleum gebaseerde processen, maar is daarnaast ook zeer milieuvriendelijk.