

Methoden voor tracking en tracing in agro-ketens



Theo van der Sluis, Mart Vlam, Clemens van de Wiel, Saskia van Ruth

Interne Notitie voor het Ministerie van Economische Zaken

Herzien, September 2016

Inhoud

Inleiding.....	3
1 Achtergrond tracking en tracing.....	4
1.1 Inleiding.....	4
1.2 Wet en regelgeving	4
2 Typen tracking en tracing methoden	6
2.1 Indeling methoden	6
2.2 Kennis matrix.....	6
2.3 Volg het product/verpakking.....	9
2.4 Certificering en keurmerken	12
2.5 Fysische kenmerken	14
2.6 Chemische kenmerken	17
3 Conclusies en aanbevelingen	20
Referenties	21

Inleiding

Het Ministerie van EZ heeft via de Helpdesk aan de WUR gevraagd om een overzicht te maken van methoden voor tracking en tracing. Aanleiding is een groeiende politieke behoefte om de herkomst van hout en cacao te kunnen checken, om bijvoorbeeld de legaliteit of duurzaamheid van producten en handelsketens te garanderen. Naar verwachting zal dit in de toekomst steeds vaker vereist zijn.

Tracking en tracing methoden bieden perspectieven voor toepassing in nationale en internationale handelsketens, voor de tracement van gecertificeerde producten als hout, koffie en cacao en om bv. herkomst en duurzaamheid van producten te bepalen.

Bij **tracking** gaat het om methoden die het mogelijk maken om producten langs (een deel) van hun handelsketen te volgen, het gaat met het product voort in de tijd. Bij **tracing** gaat het om methoden die het mogelijk maken om de herkomst van een product te bepalen dat aan het einde van de handelsketen is aangekomen, in feite kijkt men terug in de tijd. Over het algemeen zullen methoden die voor tracking worden gebruikt, zoals certificaten of labels, ook gebruikt kunnen worden voor tracing door de vastgelegde stappen in de handelsketen in omgekeerde volgorde te volgen. De verschillende tracing technieken worden primair gebruikt als een onafhankelijke check om te kijken of een op papier/software gebaseerd tracking systeem goed heeft gewerkt, hoewel ook chemische karakteristieken zowel trackers als tracers kunnen zijn: het gaat om extrinsieke of intrinsieke karakteristieken die door het product worden meegevoerd.

Doel van het project is om een overzicht te maken van de verschillende bestaande tracking en tracing methoden in verschillende sectoren (breder dan alleen de agro-sector), zowel voor bulkproducten (erts, cacao, olie) als losse goederen (hout, diamant), voor biologische en niet-biologische ketens.

Meer specifiek zijn de onderzoeksvragen:

1. Welke tracking en tracing technieken worden momenteel in verschillende sectoren toegepast?
2. Hoe zijn die tracking en tracing methoden te classificeren?
3. Hoe frequent wordt de methode toegepast?
4. Is de methode volledig in gebruik of in de experimentele fase?
5. Hoe complex is de methode en gaat het om high-tech of low tech technieken?
6. Wat zijn de mogelijke obstakels en kansen om de tracking en tracing methoden toe te passen in ontwikkelingslanden?
7. Zijn de kosten voor gebruik relatief hoog of laag?

Op grond van de antwoorden op deze vragen wordt vervolgens gekeken welke methoden perspectieven bieden voor verdere ontwikkeling in de agro-sector. Dit overzicht moet ook inzicht bieden in lacunes voor de verschillende ketens, en welke mogelijkheden er zijn voor verdere ontwikkeling van tracking en tracing methoden, en voor welke ketens. Uiteindelijk zal het overzicht dienen om te kijken wat we met de nieuwe technieken kunnen, en om eventueel een keuze te maken voor een methode voor de hout, cacao, en mogelijk andere ketens.

Dit overzicht is opgesteld door medewerkers van Alterra, Plant Research International, RIKILT en Wageningen University. De concept tekst is voor commentaar en aanvulling voorgelegd aan experts: Prof. Koen Kramer, Dr. Rene Smulders en Prof. Pieter Zuidema, hun commentaren hebben mede bijgedragen aan deze notitie.

1 Achtergrond tracking en tracing

1.1 Inleiding

Vanuit het oogpunt van maatschappelijk verantwoord ondernemen maar ook vanuit bewuste consumenten neemt de maatschappelijk druk toe om de negatieve effecten van de winning van grondstoffen (bv. mineralen of hout), tegen te gaan. Belangrijke wetgeving op dit vlak zijn onder meer de 2010 US Dodd-Frank Act en de 2013 EU houtverordening (EUTR). De Dodd-Frank Act vereist dat de herkomst van bv. hout of diamanten te traceren is. Traceringsmethoden kunnen variëren van simpel labelen van zaken of goederen om de herkomst aan te geven, tot certificeringsmethoden zoals FSC of een vergunningstelsel zoals CITES. De EU houtverordening vereist specifiek dat bv. de importeur van hout moet kunnen onderbouwen dat het van legale herkomst is, het Due Dilligence System (DDS). Het DDS is een systeem van zorgvuldigheidseisen, en omvat een beschrijving van het produkt en de herkomst, een risico inschatting van illegale praktijken, en maatregelen om het risico te minimaliseren.

Bestaande certificeringssystemen garanderen niet in alle gevallen dat het product daadwerkelijk van gecertificeerde productie afkomstig is. Dit kan komen doordat de tracing niet waterdicht is, of doordat er gebruik wordt gemaakt van 'mass balance' of 'book-and-claim' systemen. Mass balance is een systeem waarbij oncertificeerde producten gemengd worden met gecertificeerde producten, maar dit wordt administratief wel bijgehouden (dit wordt onder andere bij de Round Table voor soja toegepast). Book and claim systemen werken door middel van certificaten, waarbij duurzame producenten certificaten kunnen verkopen aan niet duurzame producenten (dit wordt b.v. toegepast bij groene energie of soja). Wanneer hierdoor de directe verbinding tussen productie en consument (deels) verloren gaat, kunnen producenten en handelaren niet op hun product aangesproken worden. Deze verantwoordelijkheid is juist gewenst om verdere stappen naar verduurzaming van de productie te zetten. Beter tracing is vanuit de politiek gewenst om verduurzaming te stimuleren, voor producenten en handelaren kan het voordelig zijn om de klant inzicht te kunnen geven over de herkomst (en duurzaamheid) van een specifiek product. Vanuit de politieke wens kijkt EZ naar beleidsopties om verbetering van traceerbaarheid mogelijk te maken. Hiervoor is een overzicht van de bestaande huidige tracking en tracing methoden gewenst.

Er is toenemende aandacht van consumenten voor de herkomst en duurzaamheid van producten, consumenten verlangen betrouwbare informatie over herkomst van producten die zij aanschaffen. Ook vanuit (milieu)organisaties is er toenemende druk voor duurzaam ondernemen. Milieuorganisaties gebruiken vaker de publiciteit om herkomstfraude aan de kaak te stellen. Deze ontwikkeling vraagt om onafhankelijke, betrouwbare methoden voor tracking en tracing. Bij voorkeur methoden die los staan van de handelsketen, en die door onafhankelijke organisaties kunnen worden uitgevoerd of geïnitieerd.

1.2 Wet en regelgeving

De vraag naar tracking en tracing kan voortkomen uit wet- en regelgeving die documenten of permits vereist zoals bijvoorbeeld bij oogsten (harvest permits), vangst, jacht, vervoer of export van producten. Belangrijke wet- en regelgeving in deze context is o.a. CITES. Handel in soorten die op de bijlage van CITES staan, is aan regels gebonden en deze soorten mogen alleen worden verhandeld als CITES-documenten bij de zending aanwezig zijn. In totaal vallen ca. 30,000 planten en 5600 diersoorten onder het CITES verdrag. De CITES wetgeving is aanvullend op de nationale wetgeving van landen. Bij CITES gaat het met name om tracking, de begeleidende documentatie of paper trail (het stelsel van vergunningen) dient hierbij ter garantie van de legaliteit van de import.

Aan het feit dat de uitvoering van CITES volledig administratief geregeld is met incidentele controles kleven een aantal bezwaren. Waar er soms grote financiële incentives zijn, is het risico van vervalsing van papieren en corruptie aanwezig (Van der Sluis et al. 2014). Deskundigen nemen aan dat een deel van de handel zich illegaal afspeelt, dus buiten de CITES-certificering om. Het is moeilijk om de omvang van de illegale dierenhandel in Nederland in te schatten, onder meer vanwege factoren zoals de zwakke grenzen tussen legale en illegale dierenhandel, de (in)effectiviteit van de opsporing, de toe- of afname van de handel (Uhm, 2009), het moeilijke onderscheid tussen legale kweek en illegale wildvang, alsook de handel via internet. Op EU-niveau hebben tussen 2000 en juni 2011 circa 31.000 CITES-gerelateerde inbeslagnames plaatsgevonden (van Uhm, 2012). Er is ook fraude door het vervalsen of aanpassen van

CITES-permits (Boekhout van Solinge 2012). Een deel van de geregistreerde import kan daarom ook illegaal zijn, zoals ook blijkt uit procedures die gestart zijn naar aanleiding van vermeende illegale handel. De risico's van misbruik bij administratieve methoden onderstreept de noodzaak van goede 'tracking en tracing', naast bestaande regelgeving en wetgeving.

Een van de belangrijke instrumenten voor met name tropisch hout is de FLEGT verordening. FLEGT regelt o.a. het afsluiten van een Voluntary Partner Agreement (VPA ofwel Vrijwillige Partner Overeenkomst) tussen de EU en een hout-producerend land. In een VPA worden per land afspraken gemaakt om illegale houtkap te beteugelen en de naleving van wetgeving te verbeteren. Bij het maken van de afspraken dienen zoveel mogelijk belangenorganisaties, waaronder milieuorganisaties en inheemse-volkerenorganisaties te worden betrokken. Wanneer een land vrijwillig een VPA heeft afgesloten én geïmplementeerd, mag het alleen nog hout met een FLEGT-vergunning naar de Europese Unie exporteren (website <http://www.fsc.nl/nl-nl/certificeren/wetgeving-legaal-hout/flegt-verordening>). Belangrijke aspecten voor de tracking en tracing zijn:

- De in het land gebruikte definitie van legaliteit moet op het hout van toepassing zijn;
- Er moet een werkend 'Chain of Custody' systeem zijn (par. 2.4) dat het hout door de productieketen volgt, zodat met zekerheid kan worden vastgesteld dat hout terecht een FLEGT-vergunning krijgt.
- Er is in het exportland een controlesysteem opgesteld om ervoor te zorgen dat het systeem goed blijft werken.

Daarnaast is er veel meer wetgeving die genoemd zou kunnen worden, dit is echter de meest relevante wetgeving voor deze notitie.

2 Typen tracking en tracing methoden

2.1 Indeling methoden

Het volgsysteem van producten is de oudste en meest beproefde methode voor het traceren van producten, maar het heeft een aantal beperkingen. Door administratieve technieken, bv. certificering is getracht om deze beperkingen op te heffen. Traceren (op basis van fysische of chemische kenmerken) kan een manier zijn om labels en certificering onafhankelijk te kunnen controleren. De fysische en chemische kenmerken worden vooral gebruikt voor tracing van de herkomst, terwijl de overige methoden gebruikt worden voor het volgen (tracking) van producten (maar uiteindelijk is ook tracing mogelijk met de tracking methoden). Op grond van deze overwegingen hebben we de volgende indeling van methoden ontwikkeld:

- Volg het product/verpakking (tracking en tracing)
 - fysieke labels
 - barcodes en QR-codes
 - Radio-frequency identification labels
- Certificering en keurmerken
- Fysische kenmerken (tracing)
 - anatomie
 - spectroscopische technieken
 - overige fysische technieken
- Chemische kenmerken (tracing)
 - major compounds
 - minor compounds
 - stabiele isotopen
 - DNA

Deze indeling wordt verder in deze notitie aangehouden.

2.2 Kennis matrix

In de onderstaande tabel (tabel 1) worden de kenmerken van de verschillende technieken gepresenteerd. De uitwerking en omschrijving van de technieken waarop de tabel gebaseerd is, volgt in paragraaf 2.3 en verder. Het format van de tabel is in een eerder stadium voorgelegd aan de opdrachtgever.

De tabel volgt de boven genoemde categorieën voor de methoden. Per methode wordt aangegeven of het vooral toegepast is voor bulkproducten (cacao, koffie, soja), losse goederen (hout, diamant, voedsel producten), of voor biologische en niet-biologische ketens. Vervolgens is aangegeven of een methode vooral voor tracking of tracing toegepast wordt. Een inschatting wordt gemaakt van de fraude gevoeligheid van de methode, alsmede van de kosten (per product), hoewel dit natuurlijk zeer relatief is. De type bepaling (plantensoort, of aard van het product), alsmede de mogelijkheid van een geografische herkomstbepaling wordt aangegeven. Belangrijk wordt ook de snelheid van de bepaling geacht, alsmede de noodzaak voor een referentie bestand of collectie. Tenslotte wordt aangegeven wat de mate van ontwikkeling is van de methode, in hoeverre het experimenteel of reeds uit ontwikkeld is.

Een aantal producten is in dit overzicht niet meegenomen: met name mineralen en grondstoffen (erts, olie) ontbreken nog, omdat hiervoor de expertise ontbreekt in Wageningen. Met het Ministerie is overeengekomen dat indien aanvullende financiering gerealiseerd wordt ook de Universiteit van Amsterdam en Utrecht erbij betrokken worden, met name voor de tracing van mineralen en grondstoffen, en forensische technieken toegepast in dierproducten, wild en planten herkomstbepalingen (CITES).

De indeling is indicatief, daar het hier om een globale vergelijking van methoden gaat. Een nadere uitwerking zou nodig zijn voor specifieke producten of handelsketen.

Tracking en tracing in agro-ketens

De kennis matrix heeft de volgende categorieën:

- Tracking of Tracing
Geeft aan waarvoor de methode geschikt is, tracking of tracing
- Toepassing
Geeft de aard van producten of stoffen waarvoor de methode gebruikt wordt
- Fraude-gevoeligheid
Geeft aan of de methode gevoelig is voor fraude (met drie niveau's, laag, gemiddeld en hoog)
- Kosten
Geeft de relatieve kosten van de methode weer. Dit is relatief, in dit verkennende stadium kan niet aangegeven worden wat de exacte kosten zijn, omdat dit zeer variabel is per productgroep en toepassing. In een vervolgfase kunnen de exacte kosten beter berekend worden wanneer methoden in meer detail en voor een specifieke productgroep vergeleken worden.
- Wat het is (plantensoort, aard product)
Hierbij gaat het om de vraag of een techniek kan worden gebruikt voor het bepalen van de aard van een product. Bijvoorbeeld van welke houtsoort is een tuinbankje gemaakt of is een kippenei wel of niet van biologische oorsprong. Dit is in contrast met technieken die zich voornamelijk focussen op het bepalen van de geografische herkomst van een product, zie volgende kolom.
- Herkomst bepaling (geografisch)
Geeft aan of een methode gebruikt kan worden voor het bepalen van de geografische herkomst van een product.
- Snelheid van de analyse
Geeft de relatieve snelheid van de analyse aan. Ook hier kan dit niet exact bepaald worden, dit zou in een latere fase verder uitgewerkt worden
- Noodzaak Referentie materiaal
Sommige methoden –met name bij het bepalen van herkomst gebieden- vereisen een uitgebreide dataset van referentie materiaal, waaraan het te onderzoeken product getoets wordt
- Specialistisch lab of instituut nodig?
Geeft aan of een techniek ter plekke door bijvoorbeeld douaniers of inspecteurs kan worden toegepast, zonder tussenkomst van een specialistisch laboratorium of instituut.
- Status van ontwikkeling
Geeft aan of een methode nog experimenteel van opzet is, of reeds volledig bewezen en operationeel is.

Voorts is de tabel van boven naar beneden indicatief voor een toenemende complexiteit van de methode.

Niet opgenomen in de tabel is het kenmerk of een methode gemakkelijk toe te passen is in ontwikkelingslanden. Dit wordt bepaald door een combinatie van kenmerken, met name de status van ontwikkeling, de kosten, fraudegevoeligheid, en complexiteit.

Tabel 1. Overzicht tracking en tracing voor handelsketens

	Methode	Productgroep	Tracking of Tracing	Wordt toegepast voor	Bepaling samenstelling / aard van het product (bv. planten- of diersoort)	Herkomst bepaling (geografisch)	Fraude-gevoeligheid	Kosten	Snelheid van de analyse	Referentie materiaal nodig?	Specialistisch lab / instituut nodig?	Status van ontwikkeling
Toenemende technologische complexiteit ↓	Follow the packaging											
	Fysiske labels (b.v. plastic)	Bulk/stuks	Beide	Alle producten	Ja	Ja	Hoog	Laag	Seconden-minuten	Database met productgegevens	Nee	Breed toegepast
	Barcodes en QR-codes	Stuks	Beide	Alle producten	Ja	Ja	Gemiddeld	Gemiddeld	Seconden-minuten	Database met productgegevens	Nee	Breed toegepast
	RFID labels	Stuks	Beide	Levensmiddelen (o.a. cacao, wijn), hout, medicijnen	Ja	Ja	Laag	Hoog	Seconden-minuten	Database met productgegevens	Nee	Afhankelijk van de sector experimenteel tot breed toegepast
	Administratief											
	Keurmerken	Bulk/stuks	Beide	Alle producten		Nee	Hoog	Laag	n.v.t.	Nee	Nee	Breed toegepast
	Certificering	Bulk/stuks	Beide	Alle producten	Ja	Ja	Gemiddeld	Laag	n.v.t.	Nee	Nee	Breed toegepast
	Fysische karakteristieken											
	Anatomie	Bulk/stuks	Tracing	Planten, hout, ivoor	Ja	Nee	Zeer laag	Gemiddeld	Minuten-dagen	Beschrijving van soortspecifieke kenmerken	Soms	Breed toegepast
	Spectroscopische technieken (b.v. NIRS)	Bulk/stuks	Tracing	Voedsel, wijn, cacao, hout	Ja	Nog onbekend	Zeer laag	Laag	Seconden-minuten	Ja	Nee	Experimenteel
	Overige fysische technieken (b.v. boorweerstand, etc.), accoustisch,	Bulk/stuks	Tracing	In ontwikkeling voor agrarische producten, levensmiddelen en hout	Ja	Nog onbekend	Zeer laag	Na ontwikkeling applicatie laag	Seconden-minuten	Voor database	Nee	Experimenteel
	Chemische karakteristieken											
	Minor compounds (o.a. metabolieten, elementen), incl. vingertechnieken	Bulk/stuks	Tracing	Agrarische producten, levensmiddelen, mest	Ja	Ja	Zeer laag	Na ontwikkeling applicatie laag tot gemiddeld	Nieuwste technieken minuten, oudere technieken uren tot dagen	Ja	Ja	In ontwikkeling
Major compounds	Bulk/stuks	Tracing	Agrarische producten, levensmiddelen, mest	Ja	Nee	Gemiddeld	Gemiddeld, met spectroscopische routinemethode toepassing lager	Klassiek: uren tot dagen, routinemethoden minuten	Ja	Ja	Breed toegepast	
Isotopen		Tracing	Levensmiddelen, hout, ivoor, cocaïne	Soms	Ja	Zeer laag	Gemiddeld	Enkele dagen	Database met voldoende ruimtelijke	Ja	Experimenteel	
DNA	Bulk/stuks	Tracing	Alle producten waar DNA van voldoende kwaliteit uit te extraheren valt	Ja	Ja	Zeer laag	Hoog (verminderend door snelle ontwikkelingen in efficiëntie)	Afhankelijk van methode & materiaal (extraheerbaarheid) één tot enkele dagen	Voor database, verder afhankelijk van merkmethode (niet voor sequenties)	Ja	In ontwikkeling	

2.3 Volg het product/verpakking

2.3.1 Fysieke labels

Aan de basis van de meeste traceringsystemen ligt de mogelijkheid om een product te herkennen aan een uniek identificatienummer en dit vervolgens te koppelen aan een externe database. Om te komen tot een efficiënte informatie-uitwisseling tussen handelspartners is een internationale standaard ontwikkeld, de: 'Electronic Product Code Information Services (EPCIS)'. EPCIS heeft tot doel productinformatie te leveren rond de kernvragen 'wat, waar, wanneer en waarom' (www.gs1.org).

Fysieke labels worden zeer breed toegepast en zijn een essentieel onderdeel van het productieproces en de (internationale) handel in producten (zie foto's hieronder). Dit soort labels kunnen tegen lage kosten en met zeer eenvoudige middelen worden toegepast, een voorbeeld hiervan zijn de met verf aangebrachte identificatienummers op rondhout zoals gebruikelijk in de bosbouwsector. Thakur et al. (2011) beschrijft gedetailleerd een model voor informatie-uitwisseling tussen producent, distributeur en retailer in de levensmiddelenindustrie volgens de EPCIS standaard.

Hoewel labels breed worden toegepast voor kwaliteitscontrole en tracking en tracing van producten is het systeem gevoelig voor fraude. Labels en etiketten kunnen worden verwisseld en vervalst, met enige regelmaat wordt dit ook geconstateerd. Daarom is altijd een onafhankelijk controle op basis van inherente producteigenschappen, bijvoorbeeld chemische eigenschappen of DNA, nodig om mogelijke fraude op te sporen. Voor veel productieketens (bijvoorbeeld hout) worden dergelijke onafhankelijke controles echter (nog) niet toegepast.



Links: codering van rondhout in een FSC gecertificeerde houtkap concessie in Kameroen (Foto: Peter Groenendijk). Rechts: voorbeeld van een plastic label om rondhout te identificeren, Foto: Seidel et al. (2012).

2.3.2 Barcodes, QR-codes

Barcodes (streepjescodes) en QR-codes worden gebruikt om producten te labelen met een uniek identificatienummer dat kan worden uitgelezen en gelinkt aan een elektronische database. Volgens Li (2013) zijn barcodes de meest gebruikte methode voor tracking en tracing van producten wereldwijd. Barcodes worden veel toegepast om namaakproducten te onderscheiden van de originele producten. Dit doel wordt bereikt door barcodes te koppelen aan een database waarin kenmerken staan zoals de producent en de herkomst van het product. Door de koppeling tussen de unieke barcode en een database kan eventuele fraude met vervalste barcodes eenvoudig worden gesignaleerd. Door frequent scannen van barcodes kunnen producten gevolgd worden in zeer complexe handelsketens.

Op dit moment zijn systemen die gebruik maken van barcodes en mobiele scanners operationeel in de bosbouwsector (Seidel et al. 2012).

De kosten van barcode-systemen zijn zeer laag (relatief t.o.v. chemische of fysische controle systemen), maar vereisen wel personeel dat gebruikmaakt van apparatuur om de labels uit te lezen, waarbij vaak ook verbinding met het internet of een lokaal netwerk nodig is. Daarnaast is het mogelijk dat de labels gescheiden raken van het product, waardoor tracking en tracing niet meer mogelijk is.

2.3.3 RFID labels

Radio-frequency identification (RFID) is een contactloze methode waarbij gebruik gemaakt wordt radiogolven om producten te identificeren en te volgen. Voor tracking en tracing worden voornamelijk passieve RFID-labels gebruikt omdat deze een langere levensduur hebben, kleiner en goedkoper zijn. Een RFID label bestaat uit drie delen: een antenne, een chip waarop product informatie is opgeslagen en een beschermend omhulsel (Want 2006).

RFID wordt breed toegepast in de distributie van onder andere auto's, zeecontainers en medicijnen (Angeles 2005). Het systeem wordt experimenteel toegepast voor tracking en tracing in de agro-food sector, bijvoorbeeld voor wijn (Catarinucci et al. 2011) en cacao. Ook in de houtsector wordt de methode incidenteel toegepast. Er bestaan verschillende systemen waarbij bomen die zijn aangemerkt voor houtkap worden gelabeld met een RFID-label. In o.a. Maleisië is een proef uitgevoerd met dit systeem waarbij individuele bomen kunnen worden gevolgd in het productieproces en de handelsketen (bron: Helveta). Hierbij is wel gebleken dat deze labels gevoelig zijn voor de extreme omstandigheden in een tropisch bos.

De kosten van een passief RFID-label liggen op ongeveer 10 eurocent per stuk (<https://www.rfidjournal.com/faq/show?85>). Bij een tracking en tracing systeem moet daarnaast gebruik gemaakt worden van apparatuur en getraind personeel om de labels uit te lezen. Hierdoor kunnen de kosten in de praktijk behoorlijk oplopen. Voordeel is dat RFID minder makkelijk te manipuleren zijn dan klassieke barcodes, waardoor de fraudegevoeligheid relatief lager is.

Het belangrijkste voordeel van RFID-labels ten opzichte van klassieke identificatiemethoden zoals barcodes is dat er geen 'line of sight' nodig is. Dit betekent dat productinformatie kan worden uitgelezen zodra het gelabelde product zich binnen het bereik, meestal enkele meters, van de ontvanger bevindt. Dit in tegenstelling tot een barcode waarbij wel altijd een 'line of sight' nodig is omdat de streepjescode zich in het zichtsveld van de lezer moet bevinden. Daarnaast kan een RFID-chip meer informatie bevatten dan een klassieke streepjescode en kan deze ook gegevens vastleggen, zoals de omgevingstemperatuur tijdens het transport (Want 2006). Nadeel is de relatief hoge kosten van deze methode in vergelijking met bijvoorbeeld geprinte labels.



Voorbeeld van een fles wijn met een RFID label. Door het label te scannen met een smartphone kan de fles direct worden herleid naar de bron (Foto: <http://www.rfidjournal.com>)

2.4 Certificering en keurmerken

Een certificaat of keurmerk geeft aan dat iets aan bepaalde eisen voldoet, bv. duurzaamheidseisen of herkomst eisen. Een certificaat, of certificeringssysteem, is een schriftelijke verklaring of document dat beschrijft dat het product aan de eisen voldoet. Een keurmerk is doorgaans het beeldmerk op het product of dienst; een keurmerk laat zien dat het product voldoet aan de eisen die bij het keurmerk horen. Zowel certificaten en keurmerken helpen doorgaans de consument bij het maken van hun keuze voor aankopen. Certificaten en keurmerken zijn (doorgaans) initiatieven vanuit bedrijven en handelsketens voor het ontwikkelen van een duurzamere productieketen. Het is veelal een private aangelegenheid, hoewel het soms ook vanuit een sector of bedrijfstak sterk gestimuleerd wordt en in sommige gevallen door de overheid overgenomen wordt als minimum normering (bv. scharreleieren).

De certificering en keurmerken werken meestal met een tracking systeem. Keurmerken worden soms bekritiseerd omdat niet hard gemaakt kan worden wat het levert, er zijn veelal concurrerende keurmerken, die niet altijd gecontroleerd worden. Het zelfde geldt voor certificering, maar in sommige gevallen is hier wel een garantie, wanneer door een onafhankelijke derde partij is vastgesteld dat de organisatie aan een bepaalde standaard voldoet. Belangrijke voorbeelden vormen de ISO 9000 normen in de jaren '80, later de ISO 14000 normen, gericht op milieumanagement.

Bij keurmerken, of 'eco-labels' is meestal ook sprake van certificering door externe partijen, maar in tegenstelling tot ISO-certificaten worden eco-labels gebruikt voor proactieve communicatie, meestal op de verpakking van fysieke producten, en gericht op eindconsumenten in plaats van zakelijke klanten. Het eerste ecolabel voor milieubeleid werd ingevoerd in Duitsland in 1977: de Blauwe Engel, een certificering voor milieuvriendelijke producten en diensten, volgens het Milieuprogramma van de Verenigde Naties. Daarnaast is het in veel bedrijfstakken toegepast.

Er zijn heel veel keurmerken, wat tevens een van de nadelen kan zijn. Een overzicht van in Nederland gangbare keurmerken is te vinden op <https://keurmerken.milieucentraal.nl/keurmerken/>. Duurzaamheidscertificering wordt door velen beschouwd als een belangrijk middel om ketens te verduurzamen. Een (niet uitputtend) overzicht wordt gegeven in de onderstaande tabel (tabel 1).

Table 1: overzicht van veel toegepaste keurmerken

Keurmerk	Product of sector	Website
SKAL	Certificering ecologische landbouw	https://www.skal.nl/
FSC	Houtketen	http://www.fsc.nl/nl-nl
Fairtrade	Eerlijke handel, diverse producten	http://www.fairtrade.nl/
UTZ	Cacao, thee, koffie, hazelnoten	https://www.utz.org/
Rainforest Alliance	Cacao, thee, koffie, bananen, bloemen, palmolie	http://www.rainforest-alliance.org/
Max Havelaar (deel van Fairtrade)	Cacao, koffie en vele andere producten	http://maxhavelaar.nl/
Cradle to Cradle	grondstoffen en duurzaamheid	http://www.c2ccertified.org/
Marine Stewardship Council	Vis	https://www.msc.org/
Carbon Trust	Klimaat	https://www.carbontrust.com/home/
Global organic textile standard	Kleding	http://www.global-standard.org/

Er zijn verschillende keurmerken die streven naar verduurzaming van productieketens als koffie, thee en cacao. Hoewel deze systemen elk een eigen aanpak kennen, zijn er ook veel overeenkomsten. In de ondertekening van een internationaal 'Joint Statement' erkennen Fairtrade (in Nederland ook bekend als Max Havelaar), Sustainable Agriculture Network(SAN)/Rainforest Alliance en Utz Certified de verschillen en de overeenkomsten van deze keurmerken.

Nadeel van certificering is dat veel consumenten beperkte kennis hebben van duurzaamheid, en kritisch zijn ten aanzien van groene claims. Er zijn veel groene keurmerken, waardoor men door de bomen het bos niet meer ziet.

Hoewel er enig solide bewijs is van de effecten van certificering op het niveau van afzonderlijke boeren in ontwikkelingslanden, is er nog maar weinig informatie beschikbaar over het effect van certificeringsinitiatieven op regionaal niveau (Waarts et al. 2013).

De FSC (Forest Stewardship Council) en PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) zijn organisaties die tot doel hebben om verantwoord bosbeheer te stimuleren. Om aan deze doelstelling vorm te geven hebben beide organisaties richtlijnen opgesteld waaraan organisaties moeten voldoen die hout, houtproducten of papierproducten produceren en- of verwerken en die hun producten met een keurmerk willen verkopen. Beide certificeringssystemen willen naar de eindafnemers garanties bieden over de herkomst van het hout of de houtvezels. Daarom is het noodzakelijk dat de gehele keten van bedrijven (van bos tot consument) gecertificeerd is. Deze (handels)keten wordt de Chain of Custody (CoC) genoemd. Wanneer elke schakel gecontroleerd is, blijft de garantie dat het bijvoorbeeld om een FSC product gaat behouden. Enkel FSC gecertificeerde bedrijven kunnen deze FSC garantie dus doorgeven aan hun klant. Zodra de keten onderbroken wordt, door een niet-CoC gecertificeerde tussenschakel, verliest het product officieel zijn FSC claim. FSC CoC gecertificeerde bedrijven worden minstens jaarlijks gecontroleerd door onafhankelijke certificeringsinstellingen, die in essentie de tracking van FSC producten door het bedrijf volgt (aankoop, verkoop, opslag, productie, enz).

De controle door de hele keten, CoC, is essentieel bij bepaalde wet- en regelgeving. De CoC wordt in veel handelsketens en productie processen toegepast, of het nu gaat om duurzaam hout, cacao of producten die in de supermarkt verkocht worden. In augustus 2016 is een initiatiefvoorstel van de NEN, industrie en overheid aangenomen om een standaard uit te werken voor een Chain of Custody (CoC). Dit initiatiefvoorstel is bij ISO ingediend, en geaccepteerd¹. Dit zal ertoe leiden dat procedures meer gestroomlijnd en gestandaardiseerd worden, met meer zekerheden voor consumenten. Een aantal certificeringsmethoden, bv. voor biobrandstoffen, worden vooral op papier gecertificeerd: de NTA8080 normering schrijft voor hoe het proces van oogst en handel verloopt, heeft een bedrijf een certificaat verkregen dan zal in de praktijk zelden worden gecontroleerd of het voldoet aan de duurzaamheidseisen.

Certificering biedt in veel gevallen de mogelijkheid om de geografische herkomst van producten te traceren, door met name de CoC. In de praktijk blijkt dat dit niet altijd werkt, bij bv. de aanlevering van koffie zijn er veelvuldig aanwijzingen dat boeren ook koffie aanleveren van andere producenten vanwege de hogere prijs die veelal verkregen wordt.

Het succes van certificering is afhankelijk van goede lokale randvoorwaarden (the enabling environment), waaronder goed bestuur, wetgeving en handhaving (inclusief het tegengaan van corruptie). Deze randvoorwaarden bepalen ook het succesvol functioneren van certificering, en de fraudekansen. In regio's met een relatief goed en betrouwbaar bestuur en een ontwikkelde en gehandhaafde boswetgeving bijvoorbeeld, is de certificering van houtkap veel verder gevorderd (Janssen en Van Benthem 2010). Een aantal certificeringsprogramma's hebben zich de afgelopen jaren gericht op regio's die niet altijd voldoen aan deze randvoorwaarden (Congo, Borneo). Die inzet brengt volgens ngo's duidelijke risico's met zich mee (Greenpeace 2013). De recent opgestarte samenwerkingsverbanden tussen EU-landen en productielanden (binnen zogenoemde Voluntary Partnership Agreements) ter ondersteuning van het EU-beleid voor legale handel in hout, zijn gericht op het voorzien in dergelijke voorwaarden. Persoonlijke observaties in Ghana maken duidelijk dat dit soort overeenkomsten door endemische corruptie beperkend werken voor dit soort overeenkomsten.

¹ Zie ook: https://www.nen.nl/NEN-Shop/Nieuwsberichten-Landbouw-Levensmiddelen/NENvoorstel-Chain-of-Custody-aangenomen-door-ISO.htm?utm_medium=email&utm_campaign=Energiemail+05+-+2016&utm_content=Energiemail+05+-+2016&utm_term=Chain+of+custody&utm_source=Emailnieuwsbrieven

2.5 Fysische kenmerken

2.5.1 Anatomie

Het karakteriseren van een product aan de hand van anatomische kenmerken is vaak de eerste stap in het proces van verificatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de kennis van een expert om op basis van de visuele eigenschappen materiaal te identificeren. Omdat deze bepaling gebeurt op basis van inherente eigenschappen van het product zelf is de fraudegevoeligheid van deze methode zeer laag. In het kader van tracking en tracing wordt deze methode vooral toegepast om beschermde planten- en diersoorten te onderscheiden van niet beschermde soorten of kunstmatige materialen. Zo kan bijvoorbeeld snel op macroscopisch niveau, dus zonder gebruik van een microscoop, een ivoren beeldje worden onderscheiden van een beeldje gemaakt van kunststof. Het onderscheiden van ivoor van verschillende diersoorten (Espinoza and Mann 1991), of hout van verschillende boomsoorten (Gasson 2011), vergt echter een microscopische analyse van de anatomische kenmerken van het product.

Met een hout-anatomische analyse kan normaal gesproken een houtsoort worden geïdentificeerd tot op genus niveau (Gasson 2011). Dit is de meest gebruikte methode voor taxonomische identificatie van hout (Dormontt et al. 2015), bijvoorbeeld bij het identificeren van CITES houtsoorten door de douane. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van de 'CITES Identification Guide - Tropical Woods'.

De betrouwbaarheid van de anatomische identificatie is afhankelijk van de deskundigheid van de expert. Goed getrainde douaniers kunnen enkele veel verhandelde beschermde houtsoorten onderscheiden van niet-beschermde soorten. Uitsluitel moet echter vaak gegeven worden door een externe expert, al dan niet in combinatie met een chemische of genetische analyse van het hout (Dormontt et al. 2015).

Een anatomische analyse van hout kan snel worden toegepast tegen relatief lage kosten, het wordt daarom vaak toegepast bij een eerste screening wanneer er een mogelijke verdenking bestaat voor fraude (Dormontt et al. 2015). In het geval dat een externe expert moet worden ingeschakeld voor nadere determinatie van de houtsoort kunnen de kosten snel oplopen, tot enkele honderden euro's per bepaling. Er wordt een methode ontwikkeld voor automatische houtanatomische analyse, oftewel 'machine vision' (Hermanson and Wiedenhoeft 2011). Deze methode zou op den duur intensieve training van opsporingspersoneel overbodig kunnen maken. Nadeel van het gebruik van anatomie voor tracking en tracing is dat hout slechts tot op genus of soortsniveau kan worden geïdentificeerd. Voor bepaling van de herkomst van hout zijn aanvullende methoden nodig, bijvoorbeeld chemische en genetische analyses.

2.5.2 Spectroscopische technieken

(Based on Luycx et al., 2008)

Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR)

Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) is gebaseerd op de bepaling van de absorptie van radiogolven. De absorptie te meten kan gedetailleerde informatie over de moleculaire structuur van voedsel verkregen worden. Twee typen NMR worden toegepast, Lage resolutie (LR-NMR) en Hoge resolutie (HR-NMR) (Ibañez, & Cifuentes, 2001). Tegenwoordig zijn de LR-NMR instrumenten klein, gemakkelijk te gebruiken en relatief goedkoop, waardoor ze geschikt zijn voor snelle en reproduceerbare bepalingen. Echter, uitgebreide referentie bepalingen zijn vereist, de nauwkeurigheid hiervan is beperkend voor toepassing van de methode. HR-NMR is veel meer gebruikt in voedsel-echtheidsstudies dan LR-NMR (Reid, O'Donnell, & Downey, 2006). Het geeft meer gedetailleerde informatie over de moleculaire structuur, maar het grote nadeel is dat het een van de duurste analytische methoden is, zowel qua investeringen als operationele kosten.

Een combinatie van ^1H -NMR met chemische analyse opent nieuwe mogelijkheden om het herkomstgebied van voedsel te bepalen. ^1H -NMR spectroscopie is ook gebruikt om cacao herkomstbepalingen te doen (Caligiani et al., 2014). Een van de belangrijkste toepassingen van HR-NMR is plaats-specifieke natuurlijke isotopen analyse of 'site-specific natural isotope fractionation' (SNIF)-NMR (Ibañez, & Cifuentes, 2001). Deze techniek wordt vaak voor voedselanalyse toegepast en maakt het mogelijk de geografische herkomst van voedsel te bepalen gebaseerd op de isotopen ratio in voedsel. Deze techniek wordt vaak gecombineerd met IRMS en chemische analyse methoden. Het grootste nadeel is dat er uitgebreide voorbereidende stappen zijn om het monster voldoende te zuiveren en concentreren (Ibañez, & Cifuentes, 2001). De methode is vooral toegepast voor herkomst bepalingen van wijn regio's (Martin et al., 1999; Ogrinc et al., 2001).

Infrared spectroscopy (IR)

Infrared spectroscopy (IR) is het bepalen van de golflengte en intensiteit van absorptie van het infrarood licht door een monster (Putzig et al., 1994). Het resultaat is een unieke moleculaire 'finger-print', of profiel, dat gebruikt kan worden om de identiteit van een monster vast te stellen.

IR spectroscopie is een niet-invasieve of destructieve techniek (Karoui, Dufour, Pillonel, Picque, Cattenoz, & Bosset, 2004a). De techniek is snel, relatief goedkoop, en kan gemakkelijk toegepast worden in fundamenteel onderzoek, controle laboratoria, en online in het bedrijfsproces, om voedsel producten te analyseren. De ontwikkeling van de Fourier transformatie techniek in IR (FTIR) heeft gezorgd voor toegenomen gebruik van IR in voedsel analyses (McKelvy, Britt, Davis, Gillie, Graves, & Lentz, 1998). Een FTIR spectrometer bouwt eerst een interferogram op van een product voor een gelijktijdige analyse van het gehele infrarood spectrum. Hierdoor is een snelle screening en kwantificering van de componenten mogelijk. IR spectroscopie vereist soms aanvullende laboratorium analyses, maar het helpt voor een snelle screening van monsters die nader onderzocht moeten worden. Wel is er interferentie mogelijk tussen stoffen die hetzelfde IR spectraal bereik hebben, wat zeer regelmatig voorkomt bij voedsel analyses. Nagenoeg elk type landbouwproduct kan geanalyseerd worden. Voor geografische herkomst bepaling is dit hetzelfde, maar een juiste bepaling hangt sterk af van de gebruikte monster set, de toegepaste spectroscopische techniek, en data behandeling.

Nabij infrarood spectroscopie (NIRS) is gebruikt als snelle methode voor het meten van bepaalde kwaliteitsparameters van cacao bonen (Krähmer et al., 2015). Gewone spectroscopie is toegepast in studies van cacao zaad en componenten analyses (Edwards et al., 2005).

NIRS wordt al breed toegepast voor kwaliteitscontrole van hout, maar nog niet veel voor de taxonomische identificatie van houtsoorten (Dormontt et al. 2015). Het lijkt echter wel mogelijk om met gebruik van NIRS onderscheid te maken tussen hout afkomstig van soorten in verschillende genera (Braga et al. 2011) en tussen hout van verschillende herkomst binnen dezelfde soort (Dormontt et al. 2015). Maar voordat deze methode breed kan worden toegepast voor tracking en tracing van hout is nog wel verdere ontwikkeling nodig van zowel de databases met NIRS-profielen, als de statistische methoden (Dormontt et al. 2015).

2.5.3 Overige fysische technieken

Een paar technieken die mogelijk potentieel hebben worden hieronder beschreven. Meestal is er (nog) geen concrete toepassing voor hout of cacao. De technieken zijn gebaseerd op optische-, geluids-, olfactorische en elektrische geleidingskarakteristieken. Het zijn fysische technieken, en omdat ze snel toegepast kunnen worden hebben ze een goede potentie voor snelle en in-situ screening van materialen.

Digital image technology

Digitale foto technologie maakt snelle meting mogelijk met fotografie. Toepassingen voor hout zijn beschreven door Xavier et al. (2015).

Acoustic properties and ultrasonics

Akoestische eigenschappen van hout zijn het best te herkennen bij houten muziekinstrumenten als de viool of piano. Minder bekend zijn de belangrijke akoestische eigenschappen die voor geluidsisolatie toegepast worden. Akoestische golven worden ook gebruikt om sterkte van hout te bepalen, het productie proces te volgen en anatomische eigenschappen van hout vast te stellen (Roohnia, 2016). Akoestische eigenschappen kunnen gebruikt worden voor snelle hout of cacao herkenning, voor tracking en tracing van de producten.

Sanchez Montero et al. (2014) publiceerde over simpele technieken om informatie te krijgen over houtsoort monsters. Multi-spectrale technieken zijn succesvol toegepast voor meerdere toepassingen, van radarbeelden tot medische analyses. Voortbouwend op deze benadering, worden (poly-spectrale) kenmerken voor houtherkenning bepaald, op grond waarvan houtsoorten herkend kunnen worden. Dit soort snelle soortherkenningsmethoden zouden bruikbaar zijn voor herkenning in tracking en tracing.

Ultrasoon geluid is toegepast om de buigkracht van Japanse cypres en ceder te bepalen door Mori et al. (2016). Dit soort karakteristieken voor karakterisering van hout kan mogelijk goede potentie hebben voor snelle identificatie.

Olfactory sensor technology

Olfactory sensor technology (elektronische neus technologie), is gebaseerd op de herkenning door een aantal gas sensoren van de vluchtige stoffen die zich boven het voedsel bevinden (Strike, Meijerink, & Koudelka-Hep, 1999). Er wordt een soort vingerafdruk gemaakt die gemakkelijk geïnterpreteerd kan worden. Het voordeel van deze methode is dat er betrekkelijk weinig voorbereidingstijd nodig is, het is een simpele procedure, en snel en goedkoop (Franke, et al., 2005). De methode is succesvol toegepast voor het onderscheiden van olijfolie (Guadarrama et al., 2001), wijn (Penza & Cassano, 2004), sinaasappelsap (Steine et al., 2001) en kaas (Pillonel et al., 2003) met betrekking tot geografische herkomstgebieden.

Electrical impedance

Elektrische weerstand spectroscopie en elektrische weerstand tomografie zijn methoden voor het bepalen van de elektrische eigenschappen van de materialen. Een van de belangrijkste toepassingen is het onderzoek naar fundamentele elektrische eigenschappen van materialen, en een relatie te leggen met de structuur en andere materiaaleigenschappen. Het kan bv. gebruikt worden om statische ladingen te bepalen in vloeibare of vaste stoffen. De ontelbare toepassingen omvatten hout vochtigheidsgradient testen, coating testen, lichaamssamenstelling testen, en toepassingen in vele biomaterialen (Tiitta, 2005). De verkregen patronen van elektrische weerstand spectroscopie kunnen gebruikt worden voor het karakteriseren van materialen, en kunnen vooral nuttig zijn bij karakteriseren en verifiëren van houtsoorten.

Drilling resistance patterns

Boorweerstand spectroscopie omvat het vastleggen van de weerstand van hout voor een boor die vervolgens weer een fingerprint oplevert die met statistiek vergeleken kan worden met andere fingerprints. De patronen zijn gebruik om op efficiënte wijze de houtdichtheid te voorspellen en kan ook gebruikt worden voor het karakteriseren en verifiëren van de houtsoort (Klaassen, 2012).

2.6 Chemische kenmerken

2.6.1 Major compounds

Van oudsher werden de hoofdcomponenten bepaald voor landbouwproducten, inclusief aspecten als vochtgehalte, eiwitten en vetgehalte. Hoewel deze benadering wel informatie geeft is de methode niet accuraat genoeg voor volgen en traceren van producten als partijen cacao bonen of hout. Het kan echter aanvullende basisinformatie opleveren. Van oudsher werden deze kenmerken bepaald met ouderwetse 'nat-chemische methoden'. Tegenwoordig zijn deze methoden vervangen door methoden gebaseerd op nabij-infrarood spectroscopie, die gekalibreerd zijn op grond van de klassieke methoden en die erg snelle metingen mogelijk maken, zelfs in-situ.

2.6.2 Minor compounds

Analyse van 'minor compounds', kleinere elementen, worden gedaan met een massaspectrometer, spectroscopische en scheidingstechnieken zijn toegepast voor het bepalen van geografische herkomst van verschillende voedselsoorten en grondstoffen (Luykx & van Ruth, 2008) en voor het verifiëren van soorten (Bossier, 1999; Spaniolas et al. 2006; Fajardo et al., 2010). Verschillende studies zijn zo uitgevoerd naar koffie (Downey et al., 1997); Yener et al., 2014), wijn (Liu et al., 2006), vruchtensap (Zielinski et al., 2014), en thee (Kovács et al., 2010). Herkenning van chocolade richt zich vooral op cacao boter evaluatie (Ulberth & Buchgraber, 2003; Dionisi et al., 2004; Cheman, 2005).

Traditionele technieken kunnen niet volledig voldoen aan de eisen die aan de huidige voedsel bepaling gesteld worden, omdat ze zich alleen op specifieke merkers of bepaalde ongewenste stoffen richten, die het product niet kunnen karakteriseren op grond van herkomst of de stappen van het productie proces. Daarom kan de analytische 'fingerprint' benadering bruikbaar zijn. Deze methode neemt het volledige spectrum of een beeld van het test materiaal. Combineert men analytische technieken met statistische analyse, dan geeft de fingerprint een completere beschrijving van het product (Capuano & Ruth, 2012). Deze methode is toegepast voor het verifiëren van verschillende voedselsoorten, waaronder biologische eieren (Tres & van Ruth, 2011), olijfolie (Araghipour et al., 2008), en kaas (Biasioli et al., 2006), van de vele toepassingen, evenals chocolade geproduceerd van verschillende typen cacao bonen (Cambrai et al., 2010).

De vluchtige organische stoffen (volatiele organic compounds VOCs) samenstelling van chocolade wordt bepaald door het genotype en herkomst van de cacao boon, agro-klimaat, het fermentatie proces na oogsten, drogen en opslag (Jinap et al., 1995; Afoakwa et al., 2008; Camu et al., 2008; Rodriguez-Campos et al., 2011). Elke boon zal daarom een karakteristieke geur en smaak ontwikkelen die het uiteindelijke product bepaald, samen met de stappen in het productie proces zoals roosteren en rollen (Counet et al., 2002; Frauendorfer & Schieberle, 2008). Door het analyseren van de vluchtige stoffen kan men de herkomst factoren en factoren van het bewerkingsproces van zowel cacao bonen en het eindproduct bepalen (Acierno et al., 2016). Het profiel van de VOCs kan dus een veelbelovende toepassing worden voor traceren en volgen van cacao.

2.6.3 Stabiele isotopen

Stabiele isotopen zijn een nuttige bron van informatie voor het traceren van een verscheidenheid van producten en materialen. Het meten van kleine variaties in isotoophoeveelheden door middel van massaspectrometrie vormt hiervoor de basis. In het boek *Isoscapes* geven West et al. (2010) een uitvoerig overzicht van de huidige stand van de techniek, met daarnaast een aantal voorbeelden van forensische toepassingen van de methode.

Voorname isotopen van koolstof, zuurstof en stikstof zijn gebruikt voor het bepalen van de geografische herkomst van producten en voor het valideren van duurzaamheidsclaims. Rogers et al. (2015) heeft laten zien dat stikstofisotopen mogelijk kunnen worden gebruikt om biologische kippeneieren te onderscheiden van reguliere eieren. De basis voor dit onderscheid wordt gevormd door het verschil in de samenstelling van het voer dat de kippen krijgen. Verder is de methode gebruikt voor het traceren van de geografisch herkomst van onder andere cocaine (Ehleringer et al. 2000), wijn (West et al. 2007), melk (Crittenden et al. 2007), kerstbomen, hout uit gematigde streken (Horacek et al. 2009, Kagawa and Leavitt 2010) en tropisch hardhout (Vlam et al. in voorbereiding).

De isotoomethode kan als zeer betrouwbaar worden aangemerkt, omdat een bepaling wordt gedaan aan de hand van de fysische eigenschappen van het product zelf. In het geval van bijvoorbeeld hout

geldt dat de verhouding tussen verschillende stabiele isotopen wordt bepaald door de groeiplaats van de boom, die op zijn beurt weer wordt bepaald door onder andere de bodem en het klimaat. Fysische eigenschappen zijn over langere tijd in het product zelf vastgelegd en in de meeste gevallen onveranderlijk, ook als het product verder wordt bewerkt.

Hoewel de isotoommethode regelmatig wordt toegepast in een forensische setting (Meier-Augenstein 2010), wordt de methode voor zover bekend nog niet structureel toegepast voor tracing in handelsketens. De belangrijkste reden hiervoor is het ontbreken van geverifieerde referentiecollecties, deze zijn nodig om een monster van een product met een onbekende oorsprong te kunnen matchen met een referentie. Het aanleggen van dergelijke referentiecollecties vraagt een hoge investering. Op dit moment wordt bij de vakgroep bosecologie en bosbeheer, Wageningen Universiteit, gewerkt aan het ontwikkelen van de isotoommethode voor het bepalen van de herkomst van tropisch hardhout (zie www.timtrace.eu).

Belangrijkste voordeel van het gebruik van de isotoommethode is de grote betrouwbaarheid (ongevoelig voor fraude) en de relatief lage kosten voor het analyseren van een enkel monster, rond 10-20 euro. Enkele nadelen zijn dat de herkomst van een product vaak tot op slechts regionaal niveau kan worden herleid, de hoge investeringskosten in het ontwikkelen van een referentiecollectie en de technologische complexiteit van de methode, hierdoor is de wachttijd voor de analyse op dit moment nog enkele dagen.

2.6.4 DNA

DNA barcoding op soortsniveau

Om onderscheid te maken tussen soorten wordt veelal "DNA barcoding" toegepast. DNA barcoding betreft het sequencen van variabele plaatsen in het genoom van een plant of dier (Moraes et al. 2015). In het ideale scenario worden dezelfde plaatsen in het genoom gebruikt in alle soorten, zodat een standaardprotocol kan worden gebruikt, en wordt de tenaamstelling gedaan door te vergelijken met een gecureerde database van barcode sequenties die is gevuld op basis van monsters met bekende taxonomische status (b.v. herbariummonsters met vouchercode).

DNA barcoding is succesvol toegepast bij het onderscheiden van invasieve waterplanten (bijv. Thum et al. 2012; Ghahramanzadeh et al. 2013). Ook is het gebruikt bij het determineren van soorten die (gemengd) voorkomen in plantaardige medicijnen/supplementen (Moraes et al. 2015). Voor planten is er een set van meest gebruikte chloroplast sequenties, er is echter geen consensus over één universeel bruikbare sequentie zoals de mitochondriaal COI bij dieren. Daardoor worden voor planten combinaties van sequenties gebruikt, die per soort of per genus moeten worden uitgetest (Moraes et al. 2015). Een praktisch probleem is nog dat DNA-barcoding databases (Genbank, BOLD) lang niet alle soorten omvatten die bijv. in plantaardige producten voorkomen, en fouten in sequenties en/of (in Genbank) in taxonomische benamingen kunnen vertonen. Toepassingen van DNA barcoding bij dieren zijn bijv. identificatie van visvangsten (Pardo et al. 2016).

Binnen soorten

Diverse merkermethoden zijn ontwikkeld voor identificaties binnen soorten. Een in het afgelopen decennium veel toegepaste berust op microsatellieten, hoog polymorfe plekken in het genoom. Het omzetten in bruikbare merkers moet per soort gebeuren, maar vervolgens kan al met een betrekkelijk klein aantal genotypen onderscheiden worden. Voor rasidentificatie in een aantal landbouwgewassen zijn microsatellietdatabases ontwikkeld, bijv. voor aardappel (Reid et al. 2011). Microsatellietmerkers zijn verder o.a. toegepast voor de identificatie van teak clonen (Huang et al. 2016) en voor de bepaling van de herkomst van tropisch hardhout (Degen et al 2013; Ng et al. 2016). Microsatelliet merkers zijn verder gebruikt in producten, bijv. identificatie van druivenrassen in most (Pereira et al. 2012). Microsatellietmerkers zijn ook gebruikt in het onderscheiden van genotypen en in kaart brengen van genetische diversiteit in cacao (bijv. Motilal et al. 2012).

De standaardmerker voor diversiteit binnen soorten gaan SNPs (single nucleotide polymorphisms, d.w.z. puntmutaties) worden (Thomson 2014). SNPs kunnen eenvoudig worden ontwikkeld uit sequentie-informatie. Voor de detectie is er een keus aan detectiemethoden. Grote hoeveelheden SNPs kunnen het eenvoudigst middels SNP arrays worden gedetecteerd. In grote en ook in kleinere gewassen zijn ze al commercieel beschikbaar. Sommige van deze arrays kunnen al worden geanalyseerd voor ongeveer 50 euro per monster, inclusief afhandeling. Voor identiteitscontrole in veredelingsprogramma's worden ze al

commercieel ingezet. De ontwikkeling van SNP arrays voor nieuwe soorten is in een stroomversnelling gekomen dankzij next generation sequencing en de ontwikkeling van steeds grotere arrays, zodat vooraf testen van merkers steeds minder relevant is. In soorten waar de SNP merkers zijn ontwikkeld en getest op onderscheidend vermogen, kunnen 20-50 geselecteerde SNPs al volstaan voor identificatie-doeleinden (Van Eck en Smulders, unpublished).

NGS (next generation sequencing) methoden (RAD sequencing of genotyping-by-sequencing (GBS) of whole chloroplast sequencing) om SNPs zonder voorkennis van het genoom te detecteren zijn veelbelovend, bijvoorbeeld getest voor identificatie van raaigrassoorten en -rassen door Pembleton et al. (2016). De kosten zakken voortdurend, en er wordt software ontwikkeld om de data eenvoudiger te kunnen analyseren. Desalniettemin kan dit de komende jaren voor routinetoepassingen nog niet concurreren met de hiervoor beschreven per soort ontwikkelde SNP detectieplatforms.

Er zijn verder gespecialiseerde gerichte methoden bijv. voor transgendetectie in agrarische producten en voedingsmiddelen via (kwantitatieve) qPCR (Miraglia et al. 2004).

DNA kwaliteit

Voor alle bovenstaande methoden is er een algemene beperking in de kwaliteit van het geëxtraheerde DNA: deze is afhankelijk van plantmateriaal, bewerking, bewaring etc. Met optimalisering van extractiemethoden is zelfs sequenzen van korte fragmenten mogelijk uit herbariummateriaal (Särkinen et al. 2012). In voedselproducten zijn de mogelijkheden afhankelijk van de aanwezigheid van DNA na bewerking of van de effecten op de kwaliteit ervan; daarnaast beïnvloedt de "matrix" de extraheerbaarheid en/of kwaliteit van het DNA voor vermeerdering en sequensen. Voor bijv. De detectie van transgenen is gekeken naar de invloed van processing: hoge temperatuur en zuurgraad dragen bij aan afbraak van DNA, waardoor alleen nog kleine stukken overblijven voor amplificatie (Bergerová et al. 2011).

DNA barcoding en DNA merkers zijn wel gebruiksklaar, merkers worden breed gebruikt, bijvoorbeeld in de veredeling, maar niet veel voor T&T in ketens tussen bedrijven (wel binnen sommige veredelingsbedrijven). Mits men een betrouwbare monstername kan doen, is de fraudegevoeligheid van DNA methoden gering, aangezien het om een intrinsieke eigenschap van het product gaat.

3 Conclusies en aanbevelingen

Deze notitie is opgesteld door deskundigen van Wageningen University and Research vanuit verschillende disciplines. De notitie presenteert een overzicht van de meest recente stand van zaken op het gebied van tracking en tracing methoden, sommige methoden zijn nog sterk in ontwikkeling en daarom zijn er soms nog in beperkte mate harde gegevens voorhanden. Ook is dit een globaal overzicht van de methoden, en pas bij een precieze vraagstelling is het mogelijk om meer detail te geven over bijvoorbeeld kosten of toepasbaarheid voor specifieke ketens. De opties voor tracking en tracing methoden, kosten en verdere afwegingen zijn sterk afhankelijk van het type product en de vraag die er ligt. Deze notitie kan een afwegingskader verschaffen voor de keuze van een nadere uitwerking voor specifieke producten van methoden voor tracking of tracing.

De keuze van methode hangt sterk af van de criteria die men hanteert. Als het gaat om een methode voor tracement van bijvoorbeeld Afrikaanse commodities, zijn belangrijke criteria de benodigde technologie, de kostprijs, en fraudegevoeligheid. Vanuit de tabel blijkt dan dat op termijn NIRS of isotopen geschikt kunnen zijn om vragen te beantwoorden omtrent de samenstelling of herkomst van een product, maar beide methoden bevinden zich voor veel producten nog wel in de experimentele fase. Anatomie wordt breed toegepast, maar is alleen geschikt om soortbepaling te doen, van bijvoorbeeld hout, en kan dus niet voor herkomstbepaling worden gebruikt. RFID zou een goede tracking optie zijn, omdat deze minder fraudegevoelig is dan barcodes en fysieke labels, maar de kosten zijn (vooralsnog) hoog. De uiteindelijke keuze van een methode voor tracking of tracing moet daarnaast in ogenschouw nemen dat onafhankelijke organisaties voldoende expertise hebben voor uitvoering of controle, die dan ook gefinancierd moeten worden.

Uiteindelijk kunnen bestaande certificeringssystemen worden gevalideerd door random toetsing en/of aanvulling van de papieren 'trail' met kenmerken die niet gemakkelijk te frauderen zijn, dus intrinsieke kenmerken die een product door de hele keten heen meedraagt, bijvoorbeeld isotopensamenstelling of DNA merkers. Dit soort onafhankelijke tests zijn nodig om het vertrouwen in certificeringssystemen te versterken en waar mogelijk te verbeteren.

Er zijn investeringen nodig voor het verder ontwikkelen van de verschillende tracementstechnieken, meer specifiek voor het aanleggen van referentiecollecties (zie tabel). Het werkveld van forensische tracementstechnieken is nog volop in ontwikkeling, maar met de benodigde investeringen kunnen ze breder toepasbaar gemaakt worden.

Een slimme inzet van tracking en tracing technieken zal uiteindelijk bijdragen aan een verbeterde transparantie van complexe handelsketens, eerlijke concurrentie, een vermindering van fraude en toename van het vertrouwen van de consument in deze agrarische producten.

Referenties

- Acierno, V., Yener, S., Alewijn, M., Biasioli, F., van Ruth, S. (2016). Factors contributing to the variation in the volatile composition of chocolate: Botanical and geographical origins of the cocoa beans, and brand-related formulation and processing. *Food Research International*, 84, 86–95.
- Aculey, P. C., Snitkjaer, P., Owusu, M., Bassompierre, M., Takrama, J., Nørgaard, L., Petersen, M., & Nielsen, D. S. (2010). Ghanaian cocoa bean fermentation characterized by spectroscopic and chromatographic methods and chemometrics. *Journal of Food Science*, 75(6), S300–7.
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840–57.
- Angeles, R. 2005. RFID technologies: Supply-chain applications and implementation issues. *Information Systems Management* 22:51-65.
- Araghipour, N., Colineau, J., Koot, A., Akkermans, W., Rojas, J. M. M., Beauchamp, J., Wisthaler, A., Märk, T. D., Downey, G., Guillou, C., Mannina, L., & Ruth, S. Van. (2008). Geographical origin classification of olive oils by PTR-MS. *Food Chemistry*, 108(1), 374–383.
- Bergerová E, Godállová Z, Siekel P (2011) Combined effects of temperature, pressure and low pH on the amplification of DNA of plant derived foods. *Czech Journal of Food Sciences* 29:337-345
- Biasioli, F., Gasperi, F., Aprea, E., Endrizzi, I., Framondino, V., Marini, F., Mott, D., & Märk, T. D. (2006). Correlation of PTR-MS spectral fingerprints with sensory characterisation of flavour and odour profile of “Trentingrana” cheese. *Food Quality and Preference*, 17(1-2), 63–75.
- Biasioli, F., Gasperi, F., Odorizzi, G., Aprea, E., Mott, D., Marini, F., Autiero, G., Rotondo, G., Tilmann, D. M. (2004). PTR-MS monitoring of odour emissions from composting plants. *International Journal of Mass Spectrometry*, 239(2-3), 103–109.
- Boekhout van Solinge, T. (2004): De handel in illegaal tropisch hardhout. In: Discretie in het strafrecht, M. Boone, R.S.B. Kool, C.M. Pelser, T. Boekhout van Solinge (red.) p. 23-43.
- Bossier, P. (1999). Authentication of Seafood Products by DNA Patterns. *Journal of Food Science*, 64(2), 189–193.
- Braga, J. W. B., T. C. M. Pastore, V. T. R. Coradin, J. A. A. Camargos, and A. R. D. Silva. 2011. The use of near infrared spectroscopy to identify solid wood specimens of *Swietenia macrophylla* (cites appendix II). *IAWA Journal* 32:285-296.
- Caligiani, A., Palla, A., Acquotti, D., Marseglia, A., Palla. (2014). Application of 1H NMR for the characterisation of cocoa beans of different geographical origins and fermentation levels. *Food Chemistry* 157, 94-99.
- Cambrai, A., Marcic, C., Morville, S., Sae Houer, P., Bindler, F., & Marchioni, E. (2010). Differentiation of chocolates according to the cocoa's geographical origin using chemometrics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1478–83.
- Camu, N., De Winter, T., Addo, S. K., Takrama, J. S., Bernaert, H., & De Vuyst, L. (2008). Fermentation of cocoa beans: influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(13), 2288–2297.
- Capuano, E., & Ruth, S. M. Van. (2012). QA : Fraud Control for Foods and Other Biomaterials by Product Fingerprinting. In I. Akyar (Eds), Latest research into Quality control (pp. 111 – 143). Rijeka, Croatia: Intech, 2012.
- Catarinucci, L., I. Cuiñas, I. Expósito, R. Colella, J. A. G. Fernández, and L. Tarricone. 2011. RFID and WSNs for traceability of agricultural goods from Farm to Fork: Electromagnetic and deployment aspects on wine test-cases. Pages 12-15 in 2011 International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, SoftCOM 2011.
- Chemam, Y. (2005). Analysis of potential lard adulteration in chocolate and chocolate products using Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 90(4), 815–819.
- Counet, C., Callemien, D., Ouwerx, C., & Collin, S. (2002). Use of gas chromatography-olfactometry to identify key odorant compounds in dark chocolate. Comparison of samples before and after conching. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2385–91.
- Crittenden, R. G., A. S. Andrew, M. LeFournour, M. D. Young, H. Middleton, and R. Stockmann. 2007. Determining the geographic origin of milk in Australasia using multi-element stable isotope ratio analysis. *International Dairy Journal* 17:421-428.
- Degen, B., Ward, SE., Lemes, MR., Navarro, C., Cavers, Sebbenn, AM. 2013. Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International: Genetics* 7: 55-62.
- Diab, J., Hertz-Schünemann, R., Streibel, T., & Zimmermann, R. (2014). On-line measurement of volatile organic compounds released during roasting of cocoa beans. *Food Research International*, 63, 344–352.
- Dionisi, F., Golay, P.-A., Hug, B., Baumgartner, M., Callier, P., & Destailats, F. (2004). Triacylglycerol analysis for the quantification of cocoa butter equivalents (CBE) in chocolate: feasibility study and validation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(7), 1835–41.
- Dormontt, E. E., M. Boner, B. Braun, G. Breulmann, B. Degen, E. Espinoza, S. Gardner, P. Guillery, J. C. Hermanson, G. Koch, S. L. Lee, M. Kanashiro, A. Rimbawanto, D. Thomas, A. C. Wiedenhoeft, Y. Yin, J. Zahnen, and A. J. Lowe. 2015. Forensic timber identification: It's time to integrate disciplines to combat illegal logging. *Biological Conservation* 191:790-798.
- Downey, G., Briandet, R., Wilson, R. H., & Kemsley, E. K. (1997). Near- and Mid-Infrared Spectroscopies in Food Authentication: Coffee Varietal Identification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(11), 4357–4361.
- Edwards, H.G.M., Villar, S.E.J., De Oliveira, L.F.C., Le Hyaric, M. (2005). Analytical Raman spectroscopic study of cacao seeds and their chemical extracts. *Analytica Chimica Acta*, 538, 175-180.
- Ehleringer, J. R., J. F. Casale, M. J. Lott, and V. L. Ford. 2000. Tracing the geographical origin of cocaine: Cocaine carries a chemical fingerprint from the region where the coca was grown. *Nature* 408:311-312.
- Espinoza, E., and M. Mann. 1991. Identification guide for ivory and ivory substitutes.
- Europol (2011) Organised Crime Threat Assessment (OCTA). Den Haag: Europol, 2011
- Fajardo, V., González, I., Rojas, M., García, T., & Martín, R. (2010). A review of current PCR-based methodologies for the authentication of meats from game animal species. *Trends in Food Science & Technology*, 21(8), 408–421.
- Farah, D. M. H., Zaibunnisa, A. H., Misnawi, J., & Zainal, S. (2012). Effect of Roasting Process on the Concentration of Acrylamide and Pyridines in Roasted Cocoa Beans from Different Origins. *APCBEE Procedia*, 4, 204–208.
- Fraundorfer, F., & Schieberle, P. (2008). Changes in key aroma compounds of Criollo cocoa beans during roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10244–51.
- Gasson, P. 2011. How precise can wood identification be? wood anatomy's role in support of the legal timber trade, especially cites. *IAWA Journal* 32:137-154.
- Ghahramanzadeh R, Esselink G, Kodde LP, Duistermaat H, Valkenburg JLChv, Marashi SH, Smulders MJM, Wiel CCMvd (2013) Efficient distinction of invasive aquatic plant species from non-invasive related species using DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources* 13:21-31

- Guadarrama, A., Rodriguez-Mendez, M.L., Sanz, C., Rios, J.L., & de Saja, J.A. (2001). Electronic nose based on conducting polymers for the quality control of the olive oil aroma – Discrimination of quality, variety of olive and geographic origin. *Analytica Chimica Acta*, 432, 283-292.
- Hermanson, J. C., and A. C. Wiedenhoeft. 2011. A brief review of machine vision in the context of automated wood identification systems. *IAWA Journal* 32:233-250.
- Horacek, M., M. Jakusch, and H. Krehan. 2009. Control of origin of larch wood: Discrimination between European (Austrian) and Siberian origin by stable isotope analysis. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23:3688-3692.
- Huang GH, Liang KN, Zhou ZZ, Ma HM (2016) SSR genotyping-genetic diversity and fingerprinting of teak (*Tectona grandis*) clones. *Journal of Tropical Forest Science* 28:48-58
- Ibañez, E., & Cifuentes, A. (2001). New analytical techniques in food science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6), 413-450.
- Jansen, P.A.G. & van Benthem, M.H.A. (2009) Effecten van boscertificering op biodiversiteit, Wageningen: Stichting Pobos.
- Jinap, S., Dimick, P. S., & Hollender, R. (1995). Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control*, 6(2), 105–110.
- Kagawa, A., and S. W. Leavitt. 2010. Stable carbon isotopes of tree rings as a tool to pinpoint the geographic origin of timber. *Journal of Wood Science* 56:175-183.
- Karoui, R., Dufour, E., Pillonel, L., Picque, D., Cattenoz, T., & Bosset, J.-O. (2004). Determining the geographic origin of Emmental cheeses produced during winter and summer using a technique based on the concatenation of MIR and fluorescence spectroscopic data. *European Food Research and Technology*, 219, 184-189.
- Klaassen, R. (2012). Houdtichtheid – nondestructieve methode. *Timmerfabrikant*, 1, 27-29.
- Kovács, Z., Dalmadi, I., Lukács, L., Sipos, L., Szántai-Kóhegyi, K., Kókai, Z., & Fekete, A. (2010). Geographical origin identification of pure Sri Lanka tea infusions with electronic nose, electronic tongue and sensory profile analysis. *Journal of Chemometrics*, 24(3-4), 121–130.
- Krähmer, A., Engel, A., Kadow, D., Ali, N., Umaharan, P., Kroh, L.W., Schulz, H. (2015). Fast and neat – Determination of biochemical quality parameters in cocoa using near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 181, 125-159.
- Li, L. 2013. Technology designed to combat fakes in the global supply chain. *Business Horizons* 56:167-177.
- Liu, L., Cozzolino, D., Cynkar, W. U., Gishen, M., & Colby, C. B. (2006). Geographic classification of spanish and Australian tempranillo red wines by visible and near-infrared spectroscopy combined with multivariate analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(18), 6754–9.
- Luykx, D. M. a. M., & van Ruth, S. M. (2008). An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food Chemistry*, 107(2), 897–911.
- Martin, G.J., Mazure, M., Jouitteau, C., Martin, Y.-L., Aguilé, L., & Allain, P. (1999). Characterization of the geographic origin of Bordeaux wines by a combined use of isotopic and trace element measurements. *American Journal of Enology and Viticulture*, 50(4), 409-417.
- McKelvy, M.L., Britt, T.R., Davis, B.L., Gillie, J.K., Graves, F.B., & Lentz, L.A. (1998). Infrared spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 70, 119-177.
- Meier-Augenstein, W. 2010. Front Matter. Pages i-xxi *Stable Isotope Forensics*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Miraglia M, Berdal KG, Brera C, Corbisier P, Holst Jensen A, Kok EJ, Marvin HJP, Schimmel H, Rentsch J, Van Rie JPPF, Zagon J (2004) Detection and traceability of genetically modified organisms in the food production chain. *Food And Chemical Toxicology* 42:1157-1180
- Moraes DFC, Still DW, Lum MR, Hirsch AM (2015) DNA-based authentication of botanicals and plant-derived dietary supplements: where have we been and where are we going? *Planta Medica* 81:687-695
- Mori, M., Hasegawa, M., Yoo, J.-C., Kang, S.-G., Matsumura, J. (2016). Nondestructive evaluation of bending strength of wood with artificial holes by employing air-coupled ultrasonics. *Construction and Building Materials*, 110, 24-31.
- Motilal LA, Zhang DP, Umaharan P, Boccara M, Mischke S, Sankar A, Meinhardt LW (2012) Elucidation of genetic identity and population structure of cacao germplasm within an international cacao genebank. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 10:232-241
- Ng, K.K.S., S. L. Lee, L. H. Tnah, Z. Nurul-Farhanah, C. H. Ng, C. T. Lee, N. Tani, B. Diway, P. S. Lai, E. Khoo. 2016. Forensic timber identification: a case study of a CITES listed species, *Gonystylus bancanus* (Thymelaeaceae). *Forensic Science International: Genetics* 23, 197–209.
- Ogrinc, N., Košir, I.J., Kocjančič, M., & Kidrič, J. (2001). Determination of authenticity, regional origin, and vintage of Slovenian wines using a combination of IRMS and SNIF-NMR analyses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1432-1440.
- Pardo MA, Jimenez E, Perez-Villarreal B (2016) Misdescription incidents in seafood sector. *Food Control* 62:277-283
- Pembleton LW, Drayton MC, Bain M, Baillie RC, Inch C, Spangenberg GC, Wang J, Forster JW, Cogan NOI (2016) Targeted genotyping-by-sequencing permits cost-effective identification and discrimination of pasture grass species and cultivars. *TAG Theoretical and Applied Genetics* 129:991-1005
- Penza, M., & Cassano, G. (2004). Chemometric characterization of Italian wines by thin-film multisensors array and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 86, 283-296.
- Pereira L, Martins-Lopes P, Batista C, Zanol GC, Clímaco P, Brazão J, Eiras-Dias JE, Guedes-Pinto H (2012) Molecular markers for assessing must varietal origin. *Food Analytical Methods* 5:1252-1259
- Pillonel, L., Ampuero, S., Tabacchi, R., & Bosset, J.O. (2003). Analytical methods for the determination of the geographic origin of Emmental cheese: Volatile compounds by GC/MS-FID and electronic nose. *European Food Research and Technology*, 216, 179-183.
- Putzig, C.L., Leugers, M.A., McKelvy, M.L., Mitchell, G.E., Nyquist, R.A., Papenfuss, R.R., & Yurga, L. (1994). Infrared spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 66, 26-66.
- Reid A, Hof L, Felix G, Rücker B, Tams S, Milczynska E, Esselink D, Uenk G, Vosman B, Weitz A (2011) Construction of an integrated microsatellite and key morphological characteristic database of potato varieties on the EU common catalogue. *Euphytica* 182:239-249
- Reid, L., O’Donnel, C.P., & Downey, G. (2006). Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 344-353.
- Rodriguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H. B., Orozco-Avila, I., Lugo-Cervantes, E., & Jaramillo-Flores, M. E. (2011a). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research International*, 44(1), 250–258.
- Rogers, K. M., S. Van Ruth, M. Alewijn, A. Philips, and P. Rogers. 2015. Verification of Egg Farming Systems from the Netherlands and New Zealand Using Stable Isotopes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63:8372-8380.
- Roohnia, M. (2016). Wood: Acoustic Properties. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. No more info.

- Saltini, R., Akkerman, R., & Frosch, S. (2013). Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control*, 29(1), 167–187.
- Sanchez Montero, R., Lopez Espi, P.L., Alpuente, J., Rojas, J.A.M., Vignote, R.S. (2014). Polyspectral technique for the analysis of stress-waves characteristics and species recognition in wood veneers. *Applied Acoustics*, 86, 89-94.
- Särkinen T, Staats M, Richardson JE, Cowan RS, Bakker FT (2012) How to Open the Treasure Chest? Optimising DNA Extraction from Herbarium Specimens. *PLoS One* 7
- Seidel, F., E. Fripp, A. Adams, and I. Denty. 2012. Tracking sustainability: review of electronic and semi-electronic timber tracking technologies. Technical Series.
- Spaniolas, S., May, S. T., Bennett, M. J., & Tucker, G. a. (2006). Authentication of coffee by means of PCR-RFLP analysis and lab-on-a-chip capillary electrophoresis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7466–70.
- Steine, C., Beaucousin, F., Siv, C., & Pfeiffer, G. (2001). Potential of semiconductor sensor arrays for the origin authentication of pure Valencia orange juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 3151-3160.
- Strike, D. J., Meijerink, M.G.H., & Koudelka-Hep, M. (1999). Electronic noses - A mini-review. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 364(6), 499-505.
- Thakur, M., C. F. Sørensen, F. O. Bjørnson, E. Forås, and C. R. Hurburgh. 2011. Managing food traceability information using EPCIS framework. *Journal of Food Engineering* 103:417-433.
- Thomson MJ (2014) High-throughput SNP genotyping to accelerate crop improvement. *Plant Breeding and Biotechnology* 2:195-212
- Thum RA, Mercer AT, Wcisel DJ (2012) Loopholes in the regulation of invasive species: genetic identifications identify mislabeling of prohibited aquarium plants. *Biological Invasions* 14:929-937
- Tiitta, M. (2005). Electrical impedance testing of wood components. In *inspection and Monitoring Techniques for Bridges and Civil Structures*, pp. 83-99/
- Tres, A., & van Ruth, S. M. (2011). Verification of organic feed identity by fatty acid fingerprinting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(16), 8816–21.
- Ulberth, F., & Buchgraber, M. (2003). Analytical platforms to assess the authenticity of cocoa butter. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105(1), 32–42.
- Van der Sluis, T. , D. Van Uhm, J. Frissel, R. Henkens. 2014. "The Dutch trade in species of the CITES Convention." Interne Notitie voor het Ministerie van EZ.
- Uhm, D.P., van (2012). Illegale handel in beschermde diersoorten. Justitiële verkenningen, jrg. 38, nr. 2, 2012. *Groene criminologie*: p. 91
- Waarts, Y. R., L. O. Judge, J. E. Brons, M. J. M. de Ruijter de Wildt, and V. J. Ingram. 2013. "Upscaling the impact of sustainability certification initiatives; Enabling conditions and policy recommendations for regional development." The Hague: LEI, part of Wageningen UR.
- Want, R. 2006. An introduction to RFID technology. *IEEE Pervasive Computing* 5:25-33.
- West, J. B., G. J. Bowen, T. E. Dawson, and K. P. Tu. 2010. Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on earth through isotope mapping.
- West, J. B., J. R. Ehleringer, and T. E. Cerling. 2007. Geography and vintage predicted by a novel GIS model of wine $\delta^{18}O$. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:7075-7083.
- Xavier, J., Fernandes, J.R.A., Morais, J.J.L., Frazao, O. (2015). Fracture behaviour of wood bonded joints under modes I and II by digital image correlation and fibre Bragg grating sensors. *Ciencia & Tecnologia dos Materiais*, 27 (1), 27-35.
- Yener, S., Romano, A., Cappellin, L., Märk, T. D., Sánchez Del Pulgar, J., Gasperi, F., Navarini, L., & Biasioli, F. (2014). PTR-ToF-MS characterisation of roasted coffees (*C. arabica*) from different geographic origins. *Journal of Mass Spectrometry : JMS*, 49(9), 929–35.
- Zielinski, A. a. F., Haminiuk, C. W. I., Nunes, C. a., Schnitzler, E., van Ruth, S. M., & Granato, D. (2014). Chemical Composition, Sensory Properties, Provenance, and Bioactivity of Fruit Juices as Assessed by Chemometrics: A Critical Review and Guideline. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(3), 300–316.