



**WETENSCHAPPELIJK COMITÉ
VAN HET FEDERAAL AGENTSCHAP VOOR DE VEILIGHEID
VAN DE VOEDSELKETEN**

ADVIES 01-2014

Betreft: Lijst van polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) te onderzoeken in diervoeders en de te gebruiken actielimiet (dossier Sci Com 2013/20).

Advies goedgekeurd door het Wetenschappelijk Comité op 17 januari 2014.

Samenvatting

Er wordt gevraagd aan het Wetenschappelijk Comité om een advies uit te brengen over de lijst van de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) die moet gebruikt worden bij de analyse van diervoeders en over de toe te passen actielimiet. Momenteel worden 12 PAK's (acenaftteen, acenaftyleen, benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, chryseen, dibenzo(a,h)antraceen, indeno(1,2,3-cd)pyreen, fluoranteen, fenantreen en pyreen) geanalyseerd in diervoeders, terwijl 4 PAK's (benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) geanalyseerd worden in humane voeding.

De PAK's die het vaakst worden aangetroffen in diervoeders en die geanalyseerd werden door het FAVV in 2010, 2011 en 2012 zijn fenantreen, acenaftteen, fluoranteen en pyreen. Deze verbindingen worden beschouwd als niet-genotoxisch en zijn niet geclassificeerd als carcinogeen door het IARC (International Agency for Research on Cancer). Tevens worden deze PAK's vaak aangetroffen in levensmiddelen. Als gevolg van hun lage toxiciteit worden ze niet als relevant beschouwd in levensmiddelen. Op basis van de beschikbare gegevens over het voorkomen en de toxiciteit, concludeerde de EFSA dat de analyse van 4 congenere van PAK's (genaamd PAK4: benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) voldoende is als indicator voor de aanwezigheid van de meest giftige PAK's in levensmiddelen.

PAK's accumuleren niet in weefsels van dieren na opname van verontreinigde voeders. De aanwezigheid van PAK's in diervoeders gaat dus niet gepaard met een directe blootstelling van de mens aan PAK's maar met een mogelijke blootstelling aan hun metabolieten.

Het Wetenschappelijk Comité is van mening dat het zinvol is om dezelfde aanpak voor dierlijke als menselijke voeding te hanteren. Daarom stelt het Comité een 2-stappen aanpak voor. Ten eerste, het controleren in diervoeders van de 4 PAK's die vanwege hun toxiciteit en voorkomen relevant zijn. Ten tweede, indien de oorsprong van de besmetting moet worden onderzocht, kan een grotere groep PAK's worden gecontroleerd om een patroon van PAK's congenere vast te leggen.

Het Wetenschappelijk Comité beveelt aan om een actielimiet van 150 µg/kg en een actiedrempel van 50 µg/kg voor de 4 relevante PAK's toe te passen. De actiedrempel is

bedoeld om de aandacht van de risicobeheerders te trekken op de noodzaak om de bron van verontreiniging te onderzoeken en/of om het proces te verifiëren.

In het kader van wetenschappelijk onderzoek beveelt het Comité aan om metabolieten van PAK's te analyseren in levensmiddelen van dierlijke oorsprong en om hun relevantie te evalueren vanuit een toxicologisch uitgangspunt.

Summary

Advice 01-2014 of the Scientific Committee of the FASFC on the list of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to control in feed and on the action limit to be used

The Scientific Committee is asked to give an opinion on the list of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to be included in the analysis of feed and on the action limits to be used. Currently, 12 PAHs (acenaphthene, acenaphthylene, benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, chrysene, dibenzo(a, h)anthracene, indeno(1,2,3-cd)pyrene, fluoranthene, phenanthrene, and pyrene) are analyzed in feed while 4 PAHs (benz(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene and chrysene) are analyzed in the human diet.

The PAHs most frequently detected in feed and analyzed by the FASFC in 2010, 2011 and 2012 were phenanthrene, acenaphthene, fluoranthene and pyrene. These compounds are considered non-genotoxic and are not classified as carcinogenic by IARC (International Agency for Research on Cancer). These PAHs are also frequently detected in food. They were not deemed as relevant in foodstuffs due to their low toxicity. Based on available data on their occurrence and toxicity, EFSA concluded that 4 PAHs congeners (called PAH4: benzo(a)anthracene, benzo(a)pyrene, benzo(b)fluoranthene and chrysene) were adequate indicators of the presence of the most toxic PAHs in foodstuffs.

PAHs do not accumulate in animal tissues after ingestion of contaminated feed. Thus, the presence of PAHs in feed does not contribute to a direct human exposure to PAHs, but to a possible exposure to their metabolites.

The Scientific Committee consider that it makes sense to have the same approach for animal and human consumption. Therefore, the Scientific Committee suggests a 2-step approach. First, the monitoring in feed of 4 PAHs that are relevant because of their toxicity and their occurrence. Second, if the origin of the contamination must be sought, a larger group of PAHs could be controlled to establish a pattern of the PAHs congeners.

The Scientific Committee recommends implementing an action limit of 150 µg/kg and a threshold of action of 50 µg/kg for the 4 relevant PAHs. The threshold of action has as goal to draw the attention of the risk manager on the need to search for the source of contamination and/or to check to the process.

In the framework of scientific research, the Scientific Committee recommends to analyze metabolites of PAHs in foodstuffs of animal origin and to evaluate their toxicological relevance.

Sleutelwoorden

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen, diervoeder, actielimiet

1. Referentietermen

1.1. Vraagstelling

Er wordt aan het Wetenschappelijk Comité gevraagd om een advies uit te brengen over de lijst met polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) die moeten worden opgenomen in de analyse van diervoeders en over de aan te wenden actielimiet.

Sinds 2001 heeft het FAVV op basis van een verslag van het RIKILT (Traag *et al.*, 2011), controles uitgevoerd op PAK's, en er werd een actielimiet van 50 µg BaPEQ/kg en een actiedrempel van 15 µg BaPEQ/kg (boven deze drempel wordt een onderzoek aan de operator gevraagd) vastgelegd voor de som, gewogen met een toxische equivalentiefactor (TEF, zie sectie 3.2.2.) van de hieronder weergegeven 12 PAK's:

- acenafteen
- acenaftyleen
- benzo(a)antraceen
- benzo(a)pyreen
- benzo(b)fluoranteen
- benzo(k)fluoranteen
- chryseen
- dibenzo(a,h)antraceen
- fenanthreen
- fluoranteen
- indeno(1,2,3-cd)pyreen
- pyreen

In 2008 heeft de EFSA een advies over PAK's in levensmiddelen gepubliceerd. Op basis van dit advies werden maximale limieten voor levensmiddelen vastgesteld in de Europese wetgeving voor de niet gewogen som van de 4 PAK's (benzo(a)pyreen, benz(a)antraceen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) (Verordening EU Nr. 835/2011¹).

Hoewel het advies van de EFSA geen betrekking heeft op diervoeders, is het een uitdaging om vast te stellen dat de controle van PAK's in diervoeders uitgevoerd door het FAVV een verschillende benadering volgt dan deze aangewezen voor levensmiddelen, zowel op het vlak van de lijst van geanalyseerde PAK's als van het gebruik van TEF's.

Het FAVV wenst te weten of, met de evolutie van de wetenschappelijke kennis, het Wetenschappelijk Comité van mening is dat de lijst met de geanalyseerde PAK's in diervoeders nog steeds actueel is, en in het geval dat deze lijst dient gewijzigd te worden, welke de limiet is die in aanmerking moet worden genomen bij de controle.

1.2. Wettelijke context

Verordening (EU) Nr. 835/2011 van de Commissie van 19 augustus 2011 tot wijziging van Verordening (EG) Nr. 1881/2006 wat betreft de maximumgehalten aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen in levensmiddelen

1.3. Definities

- PAK2 = benzo(a)pyreen + chryseen
- PAK4 = benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, chryseen en benzo(b)fluoranteen
- PAK8: PAK's gemeten in 2 mengsels van teer gebruikt in studies naar carcinogeniciteit door Culp *et al.* (1998) = benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, benzo(ghi)peryleen, chryseen, dibenzo(a,h)antraceen, indeno(1,2,3-c,d)pyreen

¹Verordening (EU) Nr 835/2011 van de Commissie van 19 augustus 2011 tot wijziging van Verordening (EG) Nr. 1881/2006 wat betreft de maximumgehalten aan polycyclische aromatische koolwaterstoffen in levensmiddelen.

- PAK12 = acenafteen, acenaftyleen, benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, chryseen, dibenzo(a,h)antraceen, fluoranteen, indeno(1,2,3-cd)pyreen, fenantreen, pyreen.
- BAPEQ = $\sum (C_{PAK_i} \times TEF_{PAK_i})$: de totale concentratie van 12 PAK's, uitgedrukt als toxische equivalenten ten opzichte van benzo(a)pyreen. Een 'Toxic Equivalent Factor' (TEF) van 1 wordt toegewezen aan benzo(a)pyreen (referentiestof). Een TEF werd toegeschreven aan de andere verbindingen op basis van hun toxische capaciteit ten opzichte van die van benzo(a)pyreen. De inhoud van de afzonderlijke verbindingen wordt omgezet in benzo(a)pyreen-equivalente inhoud door de concentratie van elke verbinding te vermenigvuldigen met zijn respectievelijke TEF. Voor analyses van diervoeders gebruikt het FAVV de TEF's voorgesteld door het RIKILT (2001) om de BAPEQ te berekenen.
- Actielimiet: waarde die, indien er geen officiële norm is, door DG Controlebeleid gedefinieerd en eventueel door het Wetenschappelijk Comité van het FAVV gevalideerd en die bij overschrijding aanleiding geeft tot het ondernemen van een actie (FAVV, 2013).
- Actiedrempel: de drempel waarboven de oorsprong van de contaminatie moet worden nagegaan en waarbij maatregelen moeten worden getroffen om deze te verminderen of weg te werken (FAVV, 2013).

Overwegende de besprekingen tijdens de werkgroepvergadering van 21 oktober 2013 en van 5 december 2013 en de plenaire zitting van 17 januari 2014;

geeft het Wetenschappelijk Comité het volgende advies :

2. Inleiding















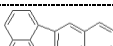






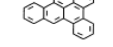


In het verleden werden verschillende lijsten van prioritaire PAK's opgemaakt door de Amerikaanse en Europese autoriteiten.

Op basis van hun toxiciteit en hun aanwezigheid in het milieu, heeft de Amerikaanse EPA (1984) een lijst van 16 PAK's opgemaakt die beschouwd worden als prioritaire stoffen, welke 80% van de PAK's die in de Verenigde Staten teruggevonden worden, weergeeft (Chahin *et al.*, 2008). Deze lijst wordt hieronder weergegeven en omvat 12 PAK's die gecontroleerd worden door het FAVV in diervoeders (aangeduid met een sterretje): acenafteen*, acenaftyleen* benzo(a)pyreen*, antraceen, benzo(a)antraceen* benzo(b)fluoranteen*, benzo(k)fluoranteen*, benzo(ghi)peryleen, chryseen*, dibenzo(a,h)antraceen*, fluoranteen*, fluoreen, indeno(1,2,3-cd)pyreen*, naftaleen, fenantreen* en pyreen*.

De Europese Unie (EU), heeft in 2002, op basis van een advies van het Wetenschappelijk Comité voor Menselijke Voeding (SCF, 2002), een lijst opgesteld van de 15 meest relevante te analyseren PAK's congenere en dit vanuit toxicologisch standpunt (meer specifiek hun genotoxiciteit). Deze lijst wordt hieronder weergegeven en omvat 7 van de 12 PAK's die gecontroleerd worden door het FAVV in diervoeders (aangeduid met een sterretje): benzo(a)antraceen*, benzo(b)fluoranteen*, benzo(j)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen*, benzo(ghi)peryleen, benzo(a)pyreen*, chryseen*, cyclopenta(c,d)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen*, dibenzo(a,e)pyreen, dibenzo(a,h)pyreen, dibenzo(a,i)pyreen, dibenzo(a,l) pyreen, indeno(1,2,3-cd)pyreen*, 5-methylchryseen. Een 16^{de} PAK werd later toegevoegd, namelijk benzo(c)fluoreen², en de Europese lijst staat bekend onder de naam van de lijst van prioritaire "15 + 1" PAK's voor de EU. Tabel 1 geeft twee lijsten van 16 prioritaire PAK's (US EPA en EU), alsook hun moleculaire massa en hun chemische structuur.

²Congeneren van PAK's opgenomen door EFSA op basis van de evaluatie van de Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (FAO/WHO, 2006).

Tabel 1 : Structuur van de 16 prioritaire PAK's voor US EPA en de 16 prioritaire PAK's voor Europese Unie. De 12 PAK's die geanalyseerd worden door het FAVV in diervoeders zijn met een sterretje aangeduid).

16 PAK's (US EPA)	15 +1PAK's (EU)	Moleculaire massa	Structuur
<i>Naftaleen</i>		128	
<i>Acenafteen*</i>		152	
<i>Acenaftyleen*</i>		152	
<i>Fluoreen</i>		166	
<i>Antraceen</i>		178	
<i>Fenantreen*</i>		178	
<i>Fluoranteen*</i>		202	
<i>Pyreen*</i>		202	
	Benzo[c]fluoreen	216	
	Cyclopenta[cd]pyreen	226	
<i>Benzo[a]antraceen*</i>	Benzo[a]antraceen*	228	
<i>Chryseen*</i>	Chryseen*	228	
	5-methylchryseen	242	
<i>Benzo[b]fluoranteen*</i>	Benzo[b]fluoranteen*	252	
<i>Benzo[k]fluoranteen*</i>	Benzo[k]fluoranteen*	252	
<i>Benzo[a]pyreen*</i>	Benzo[a]pyreen*	252	
	Benzo[j]fluoranteen	252	
<i>Indeno[1,2,3-cd]pyreen*</i>	Indeno[1,2,3-cd]pyreen*	276	
<i>Benzo[ghi]peryleen</i>	Benzo[ghi]peryleen	276	
<i>Dibenzo[a,h]antraceen*</i>	Dibenzo[a,h]antraceen*	278	
	Dibenzo[a,e]pyreen	302	
	Dibenzo[a,h]pyreen	302	
	Dibenzo[a,i]pyreen	302	
	Dibenzo[a,l]pyreen	302	

Terwijl tot 2012 (in de Europese wetgeving) alleen voor benzo(a)pyreen een maximale limiet in bepaalde levensmiddelen was voorzien, heeft de Europese Commissie in 2005 een aanbeveling uitgebracht die de lidstaten aanmoedigt om de 15 + 1 prioritaire PAK's in levensmiddelen te doseren, teneinde te beoordelen of benzo(a)pyreen alleen een goede indicator was van de verontreiniging van levensmiddelen met PAK's.

In 2008 heeft de EFSA gegevens verzameld over deze 15 + 1 PAK's in levensmiddelen die geanalyseerd werden door de lidstaten van de Europese Unie, waarbij bijzondere aandacht werd besteed aan een mengsel van 8 carcinogene en genotoxische PAK's, die overeenkomen met deze die gemeten worden in mengsels van teer, gebruikt voor toxiciteitstudies (PAK8: benzo(a)antracene, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, benzo(ghi)peryleen, chryseen, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3-cd)pyreen). Uit het EFSA advies (2008) blijkt dat benzo(a)pyreen alleen geen geschikte indicator is voor het voorkomen van PAK's in levensmiddelen. Benzo(a)pyreen kan worden waargenomen in ongeveer 50% van de monsters. In ongeveer 30% van de monsters werden andere kankerverwekkende en genotoxische PAK's gedetecteerd in afwezigheid van benzo(a)pyreen. Chryseen was de meest gedetecteerde congener in monsters waar benzo(a)pyreen afwezig was. Op basis van de beschikbare gegevens over het voorkomen en de toxiciteit, concludeerde EFSA dat 4 congenere van PAK's (genaamd PAK4: benzo(a)antracene, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) geschikte indicatoren waren voor de aanwezigheid van de meest giftige PAK's in levensmiddelen.

Sinds de inwerkingtreding van Verordening (EU) Nr. 835/2011, beperkt de officiële controle van PAK's in levensmiddelen zich tot deze PAK4.

3. Risicobeoordeling

3.1. Gevarenidentificatie

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) zijn een groep van meer dan 100 organische verbindingen die 2 of meer aromatische ringen bevatten die uitsluitend samengesteld zijn uit koolstof en waterstof.

3.1.1. Fysico-chemische eigenschappen

Bij kamertemperatuur zijn PAK's vaste stoffen (Bulder *et al.*, 2006; EFSA, 2008). Over het algemeen hebben ze een hoog smeltpunt en kookpunt, een lage dampspanning en een zeer lage wateroplosbaarheid. PAK's zijn zeer lipofiel en chemisch eerder inert.

In waterige omgevingen zijn PAK's meestal geabsorbeerd op deeltjes en humusmaterie, of opgelost in olieachtige verontreinigingen die aanwezig kunnen zijn in water, sedimenten en de bodem (EFSA, 2008). De oplosbaarheid van PAK's is omgekeerd evenredig met het aantal aromatische kernen dat de molecule bevat.

De fysico-chemische eigenschappen en gevaren van PAK's zijn sterk gerelateerd aan het aantal polycyclische aromatische ringen (2-6 kernen voor de 16 prioritaire verontreinigde stoffen van de US EPA).

De chemische structuur en de moleculaire massa van de 12 PAK's die geanalyseerd worden door het FAVV in diervoeders zijn weergegeven in tabel 1 (moleculen aangeduid met een sterretje). De log K_{ow} (octanol/water verdelingscoëfficiënt die recht evenredig is met de hydrofobiciteit) varieert van 3,92 voor acenafteen tot 6,75 voor dibenzo(a)antracene (bron: ChemIDplus).

3.1.2. Contaminatiebronnen van PAK's

PAK's worden voornamelijk gevormd door de onvolledige verbranding of pyrolyse van organische materialen tijdens industriële processen, het koken en de verwerking van levensmiddelen (EFSA, 2008; FAO/WHO, 2006). Ze worden gebruikt als tussenproducten bij

de productie van kunststoffen, pigmenten, kleurstoffen en pesticiden (Bulder *et al.*, 2006). De belangrijkste natuurlijke bronnen zijn bosbranden en vulkanen (EFSA, 2008). De belangrijkste stationaire atmosferische bronnen zijn de residentiële verbranding van hout, olie, gas en steenkool, alsook industriële energieopwekking, verbranding, de productie van aluminium, ijzer en staal, het katalytisch kraken van olie en asfaltproductie, steenkool en cokes (SCF, 2002). Bijgevolg zijn de natuurlijke en antropogene bronnen in de omgeving talrijk (EFSA, 2008).

Volgens Yebra-Pimentel *et al.* (2012) zijn de twee voornaamste soorten contaminatiebronnen van diervoeders door PAK's pyrolyse en atmosferische depositie. PAK's, afkomstig uit een verontreinigde atmosfeer worden over het algemeen overgebracht naar planten door afzetting op de bladeren of door absorptie in de gasfase door de huidmondjes. De absorptie van gasvormige chemische stoffen door planten is één van de belangrijkste wegen van verontreiniging van de gewassen door vele semivluchtige stoffen, waaronder de PAK's. Verontreiniging van diervoeders door PAK's kan ook optreden tijdens de thermische verwerking (drogen, uitdrogen en roosteren) van grondstoffen, in het bijzonder tijdens het drogen via direct of indirect contact met verbrandingsgassen.

Naast drogen en atmosferische depositie vermeldt Traag *et al.* (2001) het gebruik van technische vetten als bron van verontreiniging. België heeft het gebruik van oliën en vetten uit afvalverwerking (containerparken) verboden.

Mensen worden blootgesteld aan PAK's via verschillende wegen (EFSA, 2008). Voor niet-rokers is de voornaamste weg van blootstelling de consumptie van levensmiddelen die verontreinigd zijn door omgevingsbronnen (atmosferische afzetting, overdracht vanuit de bodem en afzetting en overdracht in water) of tijdens de verwerking van levensmiddelen (drogen, roken) en het koken op hoge temperatuur (grillen, roosteren, braden, frituren) (Bulder *et al.*, 2006). Het roken van sigaretten verhoogt de blootstelling aan PAK's in aanzienlijke mate.

Wasachtige oppervlakken van planten en vruchten kunnen PAK's concentreren. Industriële processen van roken, verwarmen en drogen kunnen een bron van verontreiniging van levensmiddelen zijn. PAK's worden ook gevormd tijdens bepaalde bereidingsprocessen thuis zoals grillen, roosteren of roken. Hoge concentraties aan PAK's werden gemeld in levensmiddelen (vet vlees) die geroosterd werden op houtskool (barbecue), in levensmiddelen (vis) die gerookt werden met behulp van traditionele technieken en in mosselen en andere zeevruchten uit vervuilde wateren. De aanwezigheid van PAK's werd eveneens gemeld in koffiebonen, cacao's en theebladeren (EFSA, 2008). Tevens kunnen voedingssupplementen op basis van planten grote hoeveelheden PAK's bevatten (Danyi *et al.*, 2009).

3.2. Gevarenkarakterisatie

3.2.1. Toxiciteit van PAK's voor de mens

Uit experimentele gegevens bij dieren blijkt dat sommige PAK's talrijke nadelige gezondheidseffecten kunnen veroorzaken (leverbeschadiging, hematologische en immunologische effecten, ontwikkeling van atherosclerose, nadelige effecten op de voortplanting en genotoxische en carcinogene effecten) (INERIS, 2003; JRC, 2010; FAO/WHO, 2006; SCF, 2002; SciCom, 2010). JECFA (FAO/WHO, 2006) concludeerde dat 13 PAK's duidelijk carcinogeen en genotoxisch zijn (zie onderstaande tabel - **PAK12 in vetgedrukt**):

IARC Klassificatie	Verbinding	Genotoxisch
1 (carcinogeen voor de mens)	benzo(a)pyreen	X
2A (waarschijnlijk carcinogeen voor de mens)	cyclopenta(c,d)pyreen dibenzo(a,h)antracene dibenzo(a,l)pyreen	X X X
2B (mogelijk carcinogeen voor de mens)	benzo(a)antracene benzo(b)fluoranteen benzo(j)fluoranteen benzo(k)fluoranteen chryseen dibenzo(a,h)pyreen dibenzo(a,i)pyreen indeno(1,2,3-cd)pyreen 5-methylchryseen	X X X X X X X X
3 (niet geklasseerd als carcinogeen voor de mens)	acenaftene antracene benzo(c)fluoreen benzo(ghi)peryleen dibenzo(a,e)pyreen fluoranteen fenantreen pyreen	X
Niet geklasseerd	acenaftyleen	

Benzo(a)pyreen (BaP) zou de meest giftige PAK zijn. Net zoals andere PAK's, wordt BaP na absorptie in het lichaam gemetaboliseerd (door oxidatie van de aromatische ringen gevolgd door de vorming van conjugaten met glutathion, glucuronzuur en sulfaat). BaP accumuleert niet. Verschillende metabolische wegen kunnen leiden tot zeer reactieve tussenproducten (bijv. diolepoxides), welke op een covalente manier binden aan nucleïnezuren en eiwitten en welke betrokken zijn bij de mutagene/carcinogene effecten van PAK's (EFSA, 2008).

De vorming van adducten door elektrofile metabolieten wordt beschouwd als één van de vroegste stappen van de carcinogeniciteit van mutagene PAK's. Er is echter een zwak kwantitatief verband tussen het niveau van de adducten in de weefsels en tumorvorming. Dit betekent dat andere factoren kennelijk belangrijk zijn voor de ontwikkeling van tumoren geïnduceerd door BaP en bepaalde andere PAK's (FAO/WHO, 2006).

Sommige PAK's en sommige metabolieten van PAK's binden eveneens aan de Ah-receptor (aryl koolwaterstof), wat resulteert in een positieve regulatie van verschillende enzymen die betrokken zijn bij het metabolisme van PAK's, wat kan leiden tot complexe dosis-respons relaties welke mogelijks niet-lineair zijn voor mengsels van PAK's (Bron: SciCom, 2010).

3.2.2. Gebruik van toxicologische equivalentiefactoren (Toxicological Equivalent Factor - TEF)

Het begrip 'toxicologische equivalentiefactor' ('Toxicological Equivalent Factor' - TEF) werd in 1977 ontwikkeld om een toxicologische waarde **voor carcinogene effecten** vast te stellen voor een mengsel van chemisch verwante verbindingen met hetzelfde werkingsmechanisme. Dit concept werd voor het eerst toegepast op polychloordibenzo-p-dioxinen en dibenzofuranen (PCDD/F), en vervolgens uitgebreid tot andere polycyclische aromatische gehalogeneerde koolwaterstoffen, zoals dioxineachtige polychloorbifenylen (PCB's) en PAK's (INERIS, 2003).

Verschillende auteurs hebben geprobeerd om TEF-waarden voor PAK's vast te stellen. Een eerste benadering werd door het Amerikaanse EPA voorgesteld in 1984. Vervolgens hebben andere auteurs deze eerste door het Amerikaanse EPA voorgestelde benadering verfijnd en andere tabellen van TEF-waarden gepubliceerd (INERIS, 2003). Het rapport van INERIS (2003) presenteert de belangrijkste tabellen van beschikbare TEF-waarden.

De TEF-waarden die door het FAVV gebruikt worden om het BAPEQ gehalte in diervoeders te berekenen zijn deze die door het RIKILT voorgesteld werden (Traag *et al.*, 2001; Bulder *et al.*, 2006.) en zijn de volgende:

Verbinding	Voorgestelde TEF-waarden
benzo(a)pyreen	1
dibenzo(a,h)antraceen	1
benzo(a)antraceen	0,1
benzo(b)fluoranteen	0,1
benzo(k)fluoranteen	0,1
indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,1
chryseen	0,01
acenaftyleen	0,01
fluoranteen	0,01
acenaftteen	0,001
fenantreen	0,001
pyreen	0,001

Benzo(a)pyreen (BaP) zou op basis van carcinogeniciteit de meest toxische PAK zijn. De relatieve carcinogene potentie van PAK's ten opzichte van BaP werd door het RIKILT bepaald (Traag *et al.*, 2001) aan de hand van een vergelijking van de gegevens voornamelijk uit studies m.b.t. dermale blootstelling (Bulder *et al.*, 2006). Dergelijke benadering kan een indicatie geven van de relatieve potentie ten opzichte van BaP, uitgedrukt in BaP equivalent (BaPEQ).

Er bestaat controverse over het gebruik van TEF-waarden om de carcinogeniteit van verschillende PAK's te karakteriseren, omdat niet alle PAK's kanker via eenzelfde mechanisme induceren. Bovendien zijn gegevens uit orale blootstellingstudies schaars en spelen de absorptie en de metabolisatie een belangrijke rol bij de effecten (Bulder *et al.*, 2006).

Volgens de EFSA (2008), zijn er verschillende moeilijkheden bij het gebruik van de TEF benadering voor de risicobeoordeling van PAK's in levensmiddelen. Het gebruik van de TEF benadering vereist dat de beschouwde verbindingen hun toxische effecten via eenzelfde werkingsmechanisme uitoefenen, zoals PCDD/F via de Ah receptor. Hoewel een aantal PAK's binden aan deze Ah-receptor, is dit niet het enige mechanisme dat het carcinogene potentieel van PAK's bepaalt. Zo heeft het CONTAM-panel van de EFSA (2008) geconcludeerd dat de TEF benadering voor de karakterisering van het risico van PAK's in levensmiddelen niet als wetenschappelijk gevalideerd kan worden beschouwd. Er ontbreken

immers resultaten over de carcinogeniciteit van verschillende PAK's na orale opname en over hun werkingsmechanisme. Tevens hebben de momenteel voorgestelde TEF-waarden een slechte voorspellende waarde voor het carcinogene potentieel van PAK mengsels.

Zoals hierboven vermeld, wordt de officiële controle van PAK's in levensmiddelen gebaseerd op de meting van 4 PAK's (PAK 4), zonder rekening te houden met een TEF, terwijl TEF wel gebruikt worden in het kader van de controle van PAK's in diervoeders.

Het Wetenschappelijk Comité stelt de relevantie van het gebruik van TEF om de aanwezigheid van PAK's in diervoeders te controleren, in vraag aangezien dergelijke contaminatie geen blootstelling van de mens impliceert. (Er is geen bioaccumulatie (van PAK's), PAK's worden gemetaboliseerd door dieren en transferfactoren zijn laag, zie hieronder). Bovendien is het opmerkelijk dat voor chryseen, één van de 4 PAK's waarvoor de som een (absoluut) maximale limiet bestaat in levensmiddelen (Verordening (EG) Nr. 1881/2006) een TEF van 0,01 beschouwd wordt in het kader van de monitoring van diervoeders gerealiseerd door het FAVV. De absolute concentratie van chryseen wordt dus gedeeld door 100 om de BAPEQ te berekenen in diervoeders, terwijl voor menselijke consumptie de absolute concentratie van chryseen in rekening gebracht wordt.

3.2.3. Toxische referentiewaarden voor de mens

Voor carcinogene effecten

De EFSA (2008) leidde BMDL₁₀³ waarden ('benchmark dose lower confidence limit') af als merker van carcinogeniciteit voor PAK's in levensmiddelen op basis van twee teermengsels die gebruikt werden in de carcinogeniteitsstudies van Culp *et al.* (1998). De laagste BMDL₁₀ waarden voor de som van PAK2, PAK4 en PAK8 zijn respectievelijk 0,17, 0,34 en 0,49 mg/kg lichaamsgewicht (lg)/dag.

Op basis van een 3-jaar durende orale blootstellingstudie bij ratten, leidde het RIVM een limiet van 5 ng BaP/kg lg per dag af (op basis van een LOEL ('Lower Observed Effect Level') van 10 mg/kg lg per dag voor de incidentie van tumoren), die overeenkomt met een risico van 1×10^6 voor kanker. Op basis van de beschikbare gegevens voor het voorkomen en de carcinogene werking van PAK's, en met toepassing van een correctiefactor van 10, hebben de auteurs een "virtuele veilige dosis" van 0,5 ng BaP/kg lg per dag afgeleid (Bulder *et al.*, 2006).

Voor niet-carcinogene effecten

Verschillende instanties (US EPA, ATSDR, RIVM) hebben toxicologische referentiewaarden voor systemische effecten met een drempelwaarde vastgesteld voor 8 PAK's: acenafteen, antraceen, benzo(ghi)peryleen, fluoranteen, fluoreen, naftaleen, pyreen en fenantreen (INERIS, 2003).

3.2.4. Metabolisatie en transfer van PAK's naar producten van dierlijke oorsprong

Absorptie

Bij zoogdieren is de absorptie van laag moleculaire PAK's (antraceen, fenantreen, fluoranteen en pyreen) in het algemeen hoog in vergelijking met hoog moleculaire en zeer lipofiele PAK's (EFSA, 2008). De absorptie van gecasteerde varkens van 40 kg die gevoed werden met melk met radioactieve benzo(a)pyreen of fenantreen, bedroeg respectievelijk 30,5% en 86,1%. Grova *et al.* (2002b) hebben de absorptie (schijnbare verteerbaarheid) bij geiten geschat op 75% en 12% voor respectievelijk fenantreen en benzo(a)pyreen bij inname van één enkele dosis.

³BMDL of 'Lower Benchmark dose' is een genormaliseerd referentiepunt dat verkregen wordt door wiskundige modellering van experimentele gegevens uit dierproeven. De benchmark dosis (BMD) is een schatting van de dosis die een kleine, maar meetbare respons (benchmark response - BMR) zal veroorzaken (meestal 5 of 10% incidentie boven de controle). De 'lower benchmark dose' of BMDL is de ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van de BMD voor een toename van 10% van tumoren bij dieren.

Metabolisatie

PAK's worden snel gemetaboliseerd in zoogdieren en vogels (Fournier *et al.*, 2010). Ze worden omgezet in monohydroxy PAK's. De PAK's kunnen vervolgens geconjugeerd worden aan glucuroniden, sulfaat en glutathion vóór dat ze via de gal en de urine worden uitgescheiden.

Eliminatie en transfer van PAK's

Studies over de transfer van PAK's van landdieren naar de voedselketen, lijken schaars, omdat bekend is dat deze verbindingen sterk gemetaboliseerd worden. Kan en Meijer (2007) publiceerden een overzicht over het risico van verontreiniging van levensmiddelen met toxische stoffen aanwezig in diervoeders, maar de indirecte humane blootstelling aan PAK's door de transfer van besmet voeder naar dierlijke producten werd weinig besproken.

Uit de beschikbare studies blijkt dat de metabolieten van PAK's met twee en drie aromatische ringen bij voorkeur worden uitgescheiden via de urine, terwijl de moleculen van een hoger molecuulgewicht worden uitgescheiden via de faeces (Rey-Salgueiro *et al.*, 2008).

Overdracht naar melk

De overdracht van PAK's naar melk werd recent geëvalueerd door verschillende auteurs. Het doel van deze studie was om de overdracht van de oorspronkelijke verbindingen en hun belangrijkste gehydroxyleerde metabolieten te karakteriseren. Grova *et al.* (2002a) analyseerden PAK's in melk afkomstig van boerderijen in de buurt van mobiele bronnen (verkeer op autosnelwegen) en stationaire bronnen (cement, staal, afvalverbrandingsinstallaties). "Controle" boerderijen, d.w.z. boerderijen afgelegen van alle mogelijke bronnen van verontreiniging (30 km), werden ook geselecteerd. De analyse toonde de aanwezigheid van PAK's aan in alle monsters. De totale PAK concentraties varieerden van 20 tot 30 ng/g vet. Van de geanalyseerde 16 PAK's, werden alleen de volgende 10 PAK's aangetroffen: naftaleen, acenaftyleen, acenafteen, fluoreen, fenantreen, antraceen, fluoranteen, pyreen, benzo(a)antraceen en chryseen.

Alle gedetecteerde verbindingen bevatten minder dan vier aromatische ringen (Grova *et al.*, 2002a). De aanwezigheid van PAK's in conventionele melk heeft de auteurs ertoe geleid om de overdracht naar melk van bepaalde verbindingen, die als model genomen werden te bestuderen aan de hand van gecontroleerde experimenten .

Overdracht naar geitenmelk

Grova *et al.* (2002b) onderzochten de kinetiek van eliminatie van radioactieve benzo(a)pyreen, fenantreen of pyreen (met log Kow van respectievelijk 4,3, 4,5 en 6,5), oraal toegediend aan lacterende geiten. De cumulatieve excretie van radioactiviteit in de melk gedurende de 5 dagen na toediening bedroeg respectievelijk 0,2, 1,5 en 1,9% van de dosis. De hoeveelheid radioactiviteit geassocieerd met BaP, fenantreen en pyreen in de urine (respectievelijk 6%, 11% en 40%) suggereert een biotransformatie. Deze studie toonde aan dat de radioactiviteit gebonden aan PAK's aan zeer lage niveaus naar de melk wordt overgebracht. Het werk van Grova *et al.* (2005) heeft toegelaten om het fenomeen van de biotransformatie van PAK's in het organisme en de distributie van natuurlijke moleculen en hun metabolieten in de excretieproducten te specificeren.

Lapole *et al.* (2007) bestudeerden de overdracht van fenantreen, pyreen en BaP en hun voornaamste gehydroxyleerde metabolieten naar melk en urine na een éénmalige orale toediening (100 mg van elke verbinding/dier) in 4 lacterende geiten. Benzo(a)pyreen, fenantreen en pyreen werden snel gedetecteerd in het plasma, terwijl hydroxypyreen (1-OH pyreen) en 3-hydroxyfenanthreen (3-OH fenantreen) later in het plasma voorkwamen. Deze gegevens suggereren dat pyreen en fenantreen slechts geleidelijk gemetaboliseerd worden in het lichaam. Het terugvindingspercentage van pyreen en fenantreen in melk over 24 uur is zeer laag (respectievelijk 0,014% en 0,006%), terwijl de overdrachtsfactor van hun metabolieten aanzienlijk hoger zijn (0,44% voor 1-OH pyreen, 0,073% voor 3-OH fenantreen). Het terugvindingspercentage in de urine is aanzienlijk (1-10 keer) hoger dan in melk. 1-OH pyreen is de belangrijkste metaboliet in urine en in melk. Zo kan deze metaboliet worden beschouwd als een merker van blootstelling van herkauwers aan PAK. Lapole *et al.* (2007) merkte ook op dat BaP en 3 OH-BaP in zeer kleine hoeveelheden (minder dan 0,005%)

werden getransfereerd naar melk en urine. Dit zeer beperkt overdrachtspercentage suggereert een **laag risico van menselijke blootstelling aan BaP of aan zijn belangrijkste metaboliet via melk of zuivelproducten.**

Het is ook noodzakelijk om de biobeschikbaarheid van PAK's uit diervoeders of bodem beter te karakteriseren. Costera *et al.* (2009) hebben de overdrachtsfactor van metabolieten van PAK's van met PAK's verontreinigd hooi of verontreinigde bodem naar melk en urine bij lacterende geiten vergeleken. De PAK's werden voornamelijk in de urine uitgescheiden, met metabolietconcentraties die in de urine ongeveer 20 keer hoger waren dan in de melk. De biobeschikbaarheid van PAK's gebonden aan de bodem was vergelijkbaar met de biobeschikbaarheid van PAK's aanwezig in andere matrices (hooi).

Chahin *et al.* (2008) hebben via orale weg 3 verschillende hoeveelheden van een mengsel van pyreen, fenantreen en BaP toegediend aan 4 geiten. Ze vonden een lineaire correlatie ($R^2 = 1$) tussen de hoeveelheden van het toegediend pyreen en van het in de melk aangetroffen hydroxypyreen (1-OH pyreen) en hebben een vergelijking voor de overdracht van pyreen onder de vorm van 1-OH pyreen in melk voorgesteld.

Guiavarc'h *et al.* (2011) hebben via orale weg een mengsel van pyreen, fenantreen en BaP (1 of 50 mg/dag) gedurende 40 dagen toegediend bij geiten. De 1-OH pyreen niveaus in melk en urine alsook urinegehalten aan 2- en 3-hydroxyfenanthreen werden bepaald na intervallen van 10 dagen. De excretie van 1-OH pyreen bleek aanzienlijk toegenomen te zijn in melk en urine en bereikte na 10 dagen een plateau. De overdrachtsfactor van 1-OH pyreen in melk was 0,5%. De auteurs geven aan dat de 1-OH pyreen kan gebruikt worden als een biomarker voor de beoordeling van de blootstelling van melkgevendende herkauwers aan PAK's.

Een aanzienlijk deel van de ingenomen PAK's komt voor in de melk van herkauwers als monohydroxy PAK (OH-PAK's), en dit als ontgiftingsproducten (Knobel & Camiglia, 2013). Volgens Knobel & Camiglia, is de monitoring van de OH-PAK's relevant als een biomarker van blootstelling aan PAK's. Er wordt opgemerkt dat monogehydroxileerde metabolieten van PAK's kunnen binden aan oestrogeen receptoren en oestrogene effecten hebben (Suzuki *et al.*, 2009; Siever *et al.*, 2013).

Overdracht naar koemelk

Kan *et al.* (2003) hebben melkkoeien gevoed met droog gras dat hoge gehalten aan PAK's bevatte. Zij meldden een zeer lage overdracht van PAK's naar melk. Acenafteen, fenantreen, fluoranteen, pyreen en chryseen werden in eniger mate in melk gedetecteerd, maar PAK's met hoger moleculair gewicht werden niet aangetroffen in hoeveelheden boven de detectielimiet van 0,1 ng/g vet (Bulder *et al.*, 2006). Het werk van Cavret *et al.* (2003, 2005) hebben voor bepaalde PAK's een bepaald niveau van intestinale absorptie alsook een absorptie langs het borstklier epitheel aangetoond.

Lutz *et al.* (2006) hebben de kinetiek van overdracht van PAK's die gebonden zijn aan de bodem naar de melk van lacterende koeien bepaald. Ze hebben geen natieve verbindingen gedetecteerd, maar vonden gehydroxyleerde metabolieten van fluoreen, fenantreen en pyreen in melk van koeien die gedurende 28 dagen werden blootgesteld aan PAK's, na inname van vervuilde grond. Zij hebben ook een aanzienlijke toename van PAK metabolieten in melk (tot 1,6% van de oorspronkelijke hoeveelheid van PAK's) opgemerkt. Deze resultaten suggereren een significante afbraak van de oorspronkelijke verbindingen tijdens de spijsvertering.

De overdrachtpercentages van PAK's uit diervoeders naar melk, die gerapporteerd werden door Bulder *et al.* (2006), worden weergegeven in onderstaande tabel:

		ACE	ACY	BAA	BAP	BBF	BKF	CHR	DBA	PHE	FLU	IDP	PYR
Lutz 2005	Native PAH				0					0			0
	Metabolite				0					0.03			1.62
Grova 2002	PAH related C14				0.20					1.60			1.90
Kan 2003	Native PAH	1.35						0.05		3.21	0.44		0.39
	Metabolites not done												
Applied in this Risk Assessment		1.35	1.90	0.20	0.20	0.20	0.20	0.05	0.20	3.21	1.90	0.20	1.90

Table A4. Transfer rates of PAHs from feed to milk in percentages. Data taken from literature and calculation. ACE=Acenaphthene, ACY=Acenaphthylene, BAA=Benz[a]anthracene, BAP=Benzo[a]pyrene, BBF=Benzo[b]fluoranthene, BKF=Benzo[k]fluoranthene, CHR=Chrysene, DBA=Dibenzo[a,h]anthracene, PHE=Phenanthrene, FLU=Fluoranthene, IDP=Indeno[1,2,3-c,d]pyrene, PYR=Pyrene.

Metabolieten zijn over het algemeen niet opgenomen in de "klassieke" monitoring van PAK's. Het is waarschijnlijk dat laagmoleculaire PAK's, met minder dan 5 aromatische ringen, worden overgebracht naar melk als natieve verbindingen na orale blootstelling. Bovendien suggereren studies beschreven in de literatuur dat een aantal PAK's, waaronder mogelijk ook hoog moleculaire PAK's, getransfereerd zouden worden onder de vorm van metabolieten (Bulder *et al.*, 2006).

Bijgevolg kan de mogelijkheid van een overdracht naar melk niet worden uitgesloten. Dit zou de verschillende PAK gehalten van melkmonsters uit verschillende regio's van Finland verklaren (Hietaniemi, 1996) en de VS (Schaum *et al.*, 2003) uitleggen.

Overdracht naar eieren

Fournier *et al.* (2010) hebben de kinetiek van de overdracht van PAK's naar eidooiers bestudeerd. Een mengsel van 6 mg van 3 PAK's (fenantreen, pyreen en BaP) werd gedurende 3 opeenvolgende dagen oraal aan kippen toegediend. De concentraties van PAK's en hun belangrijkste gehydroxyleerde metabolieten werden bepaald in de eidooier. De hoogste concentraties die gemeten werden na 3 dagen waren 34, 12 en 15 ng/g eidooier (drooggewicht) voor respectievelijk fenantreen, pyreen en BaP en 180, 27 en 95 ng/g eidooier (droog gewicht) voor respectievelijk 2-OH fenantreen, 3-OH fenantreen en 1-OH pyreen. De overdrachtsfactor voor de 3 PAK's was na 12 dagen laag, met 0,089% voor fenantreen, 0,034% voor pyreen en 0,006% voor BaP. Het experiment bevestigt de actieve en snelle biotransformatie van PAK's in kippen en het lage terugvindingspercentage in de eidooier. De dagelijkse blootstelling en de concentratie van PAK's en metabolieten in de eidooier zijn recht evenredig, wat aangeeft dat er geen accumulatie is van PAK's in het vet en dat ze na inname snel gehydroxyleerd worden.

3.2.5. Toxiciteit van PAK's voor nutsdieren

Bulder *et al.* (2006) hebben in de literatuur geen informatie gevonden over de effecten van PAK's voor runderen. De berekende inname van PAK's is voor runderen 65 tot 100 maal hoger dan voor de mens. Gezien de kortere levensduur van runderen, is een vergelijking met de toxicologische referentiewaarden voor de mens niet relevant. Er werden gevallen van kanker in het maagdarmkanaal waargenomen bij runderen, wat een indicatie van het carcinogeen potentieel van verbindingen in diervoeders zou kunnen zijn (Bulder *et al.*, 2006).

3.3. Voorkomen van PAK's

3.3.1. Voorkomen van PAK's in producten van dierlijke oorsprong

Vlees, melk en eieren zouden geen hoge PAK gehaltes mogen bevatten vanwege de snelle metabolisatie van deze verbindingen bij dieren.

In Koeweit werd een analyse van de aanwezigheid van 12 PAK's uitgevoerd in 327 monsters van levensmiddelen afkomstig van plaatselijk gekweekte dieren om de impact van de Golfoorlog van 1991, en in het bijzonder de vele episoden van branden van olievelden, te beoordelen (Husain *et al.*, 1997). PAK's werden ontdekt in alle geanalyseerde monsters: kippenlever en eieren; lever, nieren en melk van schapen; lever en nieren van geiten; en in koemelk. In veel levensmiddelen werden grote hoeveelheden van niet-carcinogene PAK's gedetecteerd (tot 294,8 µg/kg fenantreen in eieren). De concentraties aan carcinogene PAK's waren in de meeste van de onderzochte monsters relatief laag. Onder de gedetecteerde carcinogene PAK's, was chryseen aanwezig in hogere concentraties (tot 32,4 mg/kg in schapenmelk).

De gehaltes van PAK's in vleesproducten, visproducten, groenten, fruit, snoep, ontbijtgranen, dranken, vetten en oliën, en zuivelproducten werden door een gezamenlijke FAO/WHO werkgroep van deskundigen (2006) beschouwd. In vleesproducten, werden lage gehaltes aan BaP en PAK's gevonden, van waarden < detectiegrens tot 10 µg/kg, maar hogere gehalte tot 618 µg/kg (fenantreen) werd gevonden in gerookt en met hout geroosterd vlees. De gerapporteerde concentraties van BaP in zuivelproducten bedroegen minder dan 1,3 mg/kg. De hoogste concentratie was 8 µg/kg voor fluoranteen.

Aguinaga *et al.* (2007) hebben 16 PAK's geanalyseerd in 13 verschillende melkmonsters. Zij meldden lage concentraties van fluoranteen ($1,04 \pm 0,18$ en $0,83 \pm 0,02$ µg/L), en pyreen ($1,12 \pm 0,25$ en $0,63 \pm 0,14$ µg/L) in beide monsters van volle melk, terwijl de andere PAK's niet gedetecteerd werden. PAK's werden niet gedetecteerd in monsters van halfvolle en magere melk.

De PAK-concentraties die gemeld worden door de EFSA (2008) in zuivelproducten en in vleessoorten andere dan geroosterd en gerookt vlees, zijn:

	BaP (µg/kg)		PAK4 (µg/kg)		PAK8 (µg/kg)	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Zuivelproducten	0,08	0,13	0,28	0,49	0,34	0,84
Ander vlees dan geroosterd, gerookt en op de barbecue bereid vlees	0,05	0,10	0,25	0,46	0,32	0,79

LB = Lower bound, UB = Upper bound

Ter vergelijking, worden hieronder de maximaal toegelaten waarden in levensmiddelen weergegeven (Verordening (EU) Nr. 835/2011):

Levensmiddelen	Maximumgehalten in BaP (µg/kg)	Maximumgehalten (µg/kg) Som van benzo(a)pyreen, benz(a)antracene, benzo(b)fluoranteen en chryseen
Oliën en vetten (met uitzondering van cacaoboter en kokosolie) die bestemd zijn voor rechtstreekse menselijke consumptie of om te worden gebruikt als ingrediënt van levensmiddelen	2,0	10,0
Cacaobonen en afgeleide producten	5,0 µg/kg vet vanaf 1.4.2013	35,0 µg/kg vet van 1.4.2013 tot en met 31.3.2015 30,0 µg/kg vet vanaf 1.4.2015
Kokosolie die niet bestemd is voor rechtstreekse menselijke consumptie of om te worden gebruikt als ingrediënt van levensmiddelen	2,0	20,0
Gerookt vlees en gerookte vleesproducten	5,0 tot en met 31.8.2014 2,0 vanaf 1.9.2014	30,0 van 1.9.2012 tot en met 31.8.2014 12,0 vanaf 1.9.2014
Vlees van gerookte vis en gerookte visserijproducten, met uitzondering van in de punten 6.1.6 en 6.1.7 genoemde visserijproducten. Het maximumgehalte voor gerookte schaaldieren geldt voor vlees van aanhangsels en buik (44). In geval van gerookte krabben en krabachtige schaaldieren (<i>Brachyura</i> en <i>Anomura</i>) geldt het voor vlees van aanhangsels	5,0 tot en met 31.8.2014 2,0 vanaf 1.9.2014	30,0 van 1.9.2012 tot en met 31.8.2014 12,0 vanaf 1.9.2014
Gerookte sprout en conserven van gerookte sprout (<i>sprattus sprattus</i>); tweekleppige weekdieren (vers, gekoeld of bevroren); warmtebehandeld vlees en warmtebehandelde vleesproducten die aan de consument worden verkocht	5,0	30,0
Tweekleppige weekdieren (gerookt)	6,0	35,0
Bewerkte voedingsmiddelen op basis van granen en babyvoeding voor zuigelingen en peuters	1,0	1,0
Volledige zuigelingenvoeding en opvolgzuigelingenvoeding, met inbegrip van zuigelingen-melk en opvolgmelk	1,0	1,0
Dieetvoeding voor medisch gebruik, speciaal bestemd voor zuigelingen	1,0	1,0

3.3.2. Voorkomen van PAK's in diervoeders

3.3.2.1. Analyseresultaten uit het FAVV controleplan

De analyseresultaten van het controleplan van het FAVV van de jaren 2010, 2011 en 2012 werden verzameld om het voorkomen van PAK's in diervoeders te beoordelen.

In deze periode van 3 jaar, werden 716 monsters van diervoeders geanalyseerd. De 21 geanalyseerde congenere van PAK's zijn 5-methylchryseen, acenaftteen, acenaftyleen, benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(c)fluoreen, benzo(ghi)peryleen, benzo(j)fluoranteen, benzo(k)fluoranteen, chryseen, cyclopenta(c,d)pyreen, dibenzo(a,e)pyreen, dibenzo(a,h)antraceen, dibenzo(a, h)pyreen, dibenzo(a,i)pyreen, dibenzo(a,l)pyreen, fluoranteen, indeno(1,2,3-cd)pyreen, fenantreen en pyreen.

PAK's worden gedoseerd in diervoeders door middel van GC-MS (Bron: <http://www.favv-afsa.fgov.be/laboratoria/methoden/favv/>).

De bepaalbaarheidsgrenzen⁴ (Ldtm) ($\mu\text{g}/\text{kg}$) zoals aangegeven in de beschrijving van de analysemethode (http://www.favv-afsa.fgov.be/laboratoires/methodes/afsa/imet_flvvt-107.asp) zijn de volgende:

Acenaftyleen	<1
Acenaftteen	<1
fenantreen	<1
fluoranteen	<1
pyreen	<1
Benzo(c)fluoreen	<1
Benzo(a)antraceen	<1
chryseen	<1
Cyclopenta(c,d)pyreen	<1
5 methylchryseen	<1
Benzo(b)fluoranteen	<1
Benzo(k)fluoranteen	<1
Benzo(j)fluoranteen	<1
Benzo(a)pyreen	<0,9
Dibenzo(a,h)antraceen	<1
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	<1
Benzo(ghi)pyreen	<1
Dibenzo(a,l)pyreen	<1
Dibenzo(a,e)pyreen	<1
Dibenzo(a,i)pyreen	<3
Dibenzo(a,h)pyreen	<3

Voor de berekening van de beschrijvende statistiek, werd de lower bound benadering (dat wil zeggen dat een waarde van nul toegekend is aan PAK concentraties beneden de bepalingsgrens) gebruikt voor de verwerking van de resultaten.

In het kader van het controleplan van FAVV, zijn de matrices ingedeeld in 5 niveaus (N). De details van de klassen N3 tot N5 voor diervoeders worden hieronder (tabel 2) weergegeven. Voor de behandeling van analyseresultaten van PAK's, werd het niveau van klasse N4 gekozen als gedetailleerd niveau.

⁴Volgens de Codex Alimentarius, is de "bepalingsgrens" de laagste concentratie van een residu van bestrijdingsmiddelen of van een contaminant die kan worden geïdentificeerd en kwantitatief gemeten in een levensmiddel, een landbouwproduct, of een diervoeder met een bepaalde aanvaardbare mate van zekerheid met behulp van een reglementaire analysemethode (Bron: <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/reference/glossary.html?lang=fr>).

Tabel 2: Detail van klassen N3 tot N5 voor diervoeders

N3	N4	N5	
Samengesteld diervoeder	Aanvullende diervoeders	All mash Mineraal voeder Gemelasserd voeder	
	Volledige diervoeders		
Grondstoffen	Producten en bij-producten van de voedingsmiddelensector	Producten en bij-producten van bakkerij of van de fabricage van deeg	
	Producten van landdieren	Diervetten	
	Granenproducten: Producten en bij-producten		Gluten feed van maïs ⁵
			Tarwezetmeel
			Rijst zetmeel
			Haver
			DDGS Distiller's dried grains solubles ⁶
			Spelt
			Tarwevoederbloem
			Voedermaïsmeel
			Tarwe
			Tarwekiemen
			Tarwegluten
			Maïsgluten ⁷
			Havergries
			Gerstgries
			Maïs
			Gerst
			Moutkiemwortels
			Tarwevoer
	Rogge		
	Tarwezemelgrint		
	Sorghum		
	Triticale		

De gemiddelde concentraties, het minimum, het maximum, de P50, P95 en P99-waarde van de 21 congenen van PAK's in de geanalyseerde diervoeders worden in tabel 3 weergegeven. 'HAP Somme BAP' betekent de som, uitgedrukt in BaPEQ, van de 12 congenen van PAK's in diervoeders geanalyseerd. De 21 congenen van PAK's werden ingedeeld op basis van de frequentie van detectie (dwz % aanwezig in een concentratie hoger dan de bepalingsgrens).

Niet-carcinogene PAK's zoals fenantreen, acenafteen, fluoranteen en pyreen werden gedetecteerd in ten minste 66% van de 716 geanalyseerde monsters. De percentages van detectie van genotoxische PAK's zijn 26% voor chryseen, 19% voor benzo(g, h, i)peryleen en cvclopenta(c, d)pyreen, 18% voor benzo(b)fluoranteen, 13% voor indeno(1,2,3-cd)pyreen en benzo(a)antraceen, 8% voor benzo(k)fluroanthène, 7% voor benzo(j)fluoranteen, 5% voor dibenzo(a, l)pyreen, 4% voor dibenzo(a, i)pyreen en 3% voor de benzo (a) pyreen.

⁵ **Gluten feed van maïs:** Product verkregen tijdens de bereiding van maïszetmeel. Het bestaat uit zemelen en maïsperssap. Het product kan ook gebroken maïs en residuen van de extractie van olie uit maïskiemen bevatten. Andere producten afgeleid van zetmeel en van het raffineren of vergisten van zetmeelproducten mogen worden toegevoegd.

⁶ Bijproducten van de bioetanol industrie gebruikt in diervoeding

⁷ Maïsgluten: Product verkregen door de bereiding van maïszetmeel. Het bestaat hoofdzakelijk uit gluten verkregen bij het afscheiden van het zetmeel

Van de 21 geanalyseerde PAK's, geeft fenantreen (5,2 µg/kg) de hoogste gemiddelde concentratie aan. Onder de carcinogene PAK's geven cyclopenta(c, d)pyreen (1.3 µg/kg) en chryseen (0,7 µg/kg) de hoogste gemiddelde concentraties aan. Fluoranteen (279 µg/kg), gevolgd door fenantreen (216 µg/kg), pyreen (150 µg/kg) en cyclopenta (c, d) pyreen (120 µg/kg) geven de hoogste piekconcentraties aan.

Momenteel is de actielimiet vastgesteld op 50 µg BaPEQ/kg en de actiedrempel op 15 µg BaPEQ/kg voor de som van PAK12. In de jaren 2010, 2011 en 2012, had geen enkele monster een BaPEQ concentratie boven de actielimiet. Slechts één monster overschreed de actiedrempel van 15 µg BaPEQ/kg. De maximale concentratie gemeten voor PAK12 was 26,3 µg BaPEQ/kg in een monster van aanvullend diervoeders.

Tabel 3: Rangschikking van congenere geanalyseerd in diervoeders op basis van de detectie frequentie – de hoogste tot de laagste detectie frequentie (de 4 relevant PAK's in levensmiddelen zijn aangeduid in het geel)

	Aantal (Nb)	Nb<Ldtm	%<Ldtm	Gemiddelde (µg/kg)	Min (µg/kg)	Max (µg/kg)	P50 (µg/kg)	P95 (µg/kg)	P99 (µg/kg)
Fenantreen	716	93	13	5,2	0	216	3,35	12,525	36,565
Acenafteen	716	281	39	2,3	0	33,4	1,4	8,7	17,42
Fluoranteen	716	301	42	3,0	0	279	1,3	7,55	30,495
Pyreen	716	308	43	2,5	0	150	1,2	7,625	26,275
Acenafthyleen	716	503	70	1,3	0	95,8	0	6,1	14,055
Chryseen	716	532	74	0,7	0	20,3	0	2,925	8,7
Benzo(g,h,i)peryleen	716	577	81	0,5	0	17,9	0	2,225	6,955
Cyclopenta(c,d)pyreen	716	579	81	1,3	0	120	0	5,25	17,47
Benzo(b)fluoranteen	704	577	82	0,5	0	15	0	2,585	8,397
Indeno(1,2,3,c,d)pyreen	716	622	87	0,4	0	31,5	0	1,7	6,385
Benzo(a)anthraceen	716	623	87	0,4	0	19	0	1,725	9,315
Dibenzo(a,e)pyreen	716	646	90	0,3	0	35,6	0	1,6	4,4
Benzo(k)fluoranteen	704	647	92	0,2	0	14,4	0	1,3	4,288
Benzo(j)fluoranteen	704	657	93	0,2	0	46,1	0	1,2	5,088
Dibenzo(a,l)pyreen	716	678	95	0,2	0	26,5	0	1,025	3,27
Dibenzo(a,h)pyreen	716	684	96	0,3	0	53,8	0	0	6,97
Dibenzo(a,i)pyreen	716	684	96	0,3	0	60,4	0	0	7,34
Benzo(c)fluoreen	716	689	96	0,1	0	7,2	0	0	1,985
HPA Somme BAQ	716	691	97	0,2	0	26,3	0	0	5,51
Benzo(a)pyreen	716	696	97	0,1	0	16,1	0	0	3,225
Dibenzo(a,h)anthraceen	716	704	98	0,0	0	3,6	0	0	1,6
5-Methylchryseen	716	705	98	0,1	0	14,7	0	0	1,3

De 4 meest gedetecteerde congenere (in dalende volgorde) per matrix type worden hieronder weergegeven:

Aanvullende diervoeders	Volledige diervoeders	Granenproducten: producten en bijproducten	Diervetten	Producten en bijproducten van de voedingsmiddelensector
Fenantreen	Fenantreen	Fenantreen	Fenantreen	Fenantreen
Fluoranteen	Fluoranteen	Acenafteen	Pyreen	Acenafteen
Pyreen	Acenafteen	Fluoranteen	Fluoranteen	Fluoranteen
Chryseen	Pyreen	Pyreen	Acenafteen	Pyreee

De 4 meest aangetroffen PAK's congenere zijn laagmoleculaire PAK's opgenomen in de lijst van PAK's van de US EPA. Deze PAK's weerspiegelen een milieuverontreiniging of een verontreiniging door het proces, maar worden, uitgezonderd chryseen, niet als genotoxisch beschouwd.

De 3 onderstaande tabellen geven de detectiefrequenties en het gemiddelde, de P50, -P95, -P99-waarde en de minimale en maximale concentraties voor de som van 21 congenere van PAK's, van PAK12, PAK4 en PAK8 in verschillende soorten geanalyseerde diervoeders (N4) weer.

Detectiefrequenties van PAK12 zijn identiek aan de detectiefrequentie van de som van de 21 PAK in de geanalyseerde diervoeders. Dit geeft aan dat de lijst van PAK12 een goede indicatie is van de aanwezigheid van PAK's in diervoeders.

Behalve voor aanvullende diervoeders, is de detectiefrequentie minder dan 50% voor de som van PAK4 en PAK8.

Tabel 4: Overzichtstabel van de concentraties van de som van de 21 congenen van PAK's gemeten in diervoeders (alle categorieën samen en per soort diervoeder)

	Diervoeders	Aanvullende diervoeders	Volledige diervoeders	Granenproducten: producten en bij-producten	Diervetten	Producten en bijproducten van voedingsmiddelensector
Aantal (Nb)	716	198	154	193	84	87
Nb<Ldtm	51	1	5	32	0	13
%<Ldtm	7,1	0,5	3,2	16,6	0,0	14,9
Gemiddelde (µg/kg)	19,7	39,0	15,3	7,2	23,5	7,9
min (µg/kg)	0	0	0	0	2	0
max (µg/kg)	732,3	732,3	251	118,2	67,1	63,4
P50 (µg/kg)	10	19,45	8,5	4,1	21,55	4,1
P95 (µg/kg)	52,5	95,2	35,3	26,7	49,2	25,5
P99 (µg/kg)	190,6	578,1	205,8	34,7	62,3	49,7

Tabel 5: Overzichtstabel van PAK12 geanalyseerd in diervoeders (alle categorieën samen en per soort diervoeder)

	Diervoeders	Aanvullende diervoeders	Volledige diervoeders	Granenproducten: producten en bijproducten	diervetten	Producten en bijproducten van voedingsmiddelensector
Aantal(Nb)	716	198	154	193	84	87
Nb<Ldtm	51	1	5	32	0	13
%<Ldtm	7,1	0,5	3,2	16,6	0,0	14,9
Gemiddelde (µg/kg)	16,5	32,0	13,1	6,4	19,6	6,9
min (µg/kg)	0,00	0,00	0,00	0,00	2	0
max (µg/kg)	549,1	549,1	191,0	103,1	67,1	39,8
P50 (µg/kg)	9,4	17,6	8,2	3,8	18,7	4,1
P95 (µg/kg)	41,2	70,8	29,8	21,3	39,0	22,7
P99 (µg/kg)	123,0	411,6	145,4	30,6	62,3	31,1

Tabel 6: Overzichtstabel van PAK4 en PAK8 in alle soorten van diervoeders ongeacht en in verschillende diervoeders type

	Diervoeders		Aanvullende diervoeders		Volledige diervoeders		Graangewas: producten en onder producten		Dierenvet		Producten en onder producten van voedingsmiddelensector	
	PAK4	PAK8	PAK4	PAK8	PAK4	PAK8	PAK4	PAK8	PAK4	PAK8	PAK4	PAK8
Aantal (Nb)	716	716	198	198	154	154	193	193	84	84	87	87
Nb<Ldtm	505	470	63	61	118	113	183	176	68	48	73	72
%<Ldtm	70,5	65,6	31,8	30,8	76,6	73,4	94,8	91,2	81,0	57,1	83,9	82,8
Nb>Ldtm	211	246	135	137	36	41	10	17	16	36	14	15
%>Ldtm	29,5	34,4	68,2	69,2	23,4	26,6	5,2	8,8	19,0	42,9	16,1	17,2
Gemiddelde (µg/kg)	#NOM?	2,7	4,2	6,9	1,1	1,8	0,3	0,4	0,6	1,5	0,9	1,3
min (µg/kg)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
max (µg/kg)	58,8	119,2	58,8	119,2	34,8	51,7	15,9	24,0	6,2	12,6	19,0	19,2
P50 (µg/kg)	0,0	0,0	1,9	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P95 (µg/kg)	4,8	7,8	8,3	14,3	2,7	4,2	0,0	0,0	2,2	4,4	1,8	3,2
P99 (µg/kg)	26,7	41,6	42,8	76,1	20,4	37,4	7,0	10,0	6,1	9,0	16,2	19,0

PAK's worden niet opgespoord door het FAVV in ruwvoer zoals maïs en gras kuilvoeder dat op de hoeve wordt geproduceerd.

Rey-Salgueiro *et al.* (2008) hebben PAK's geanalyseerd in mest van verschillende diersoorten (runderen, paarden, varkens en konijnen). PAK's concentraties in mest van runderen en paarden waren hoger dan in mest van varkens en konijnen. Volgens de auteurs is dit het gevolg van de manier van houden en de voedselbronnen van deze dieren. Koeien en paarden grazen buiten en verbruiken eerder hoeveproducten. Dat is niet het geval voor varkens en konijnen die op stal worden gehouden en commerciële voeders eten. PAK's kunnen aan koeien en paarden worden overgedragen via bedrijfsvoerders.

3.3.2.2. Correlatie tussen verschillende lijsten van PAK's

Tabel 7 toont de correlatie vergelijkingen en de correlatiecoëfficiënt tussen de concentraties van PAK15+1 en PAK4, PAK15+1 en PAK8, PAK8 en PAK4, PAK12 en PAK4, PAK12 en PAK8, en PAK12 (BAPEQ) en PAK4 in diervoeders (analyses gerealiseerd door het FAVV in de periode 2010-2012). Figuur 1 illustreert de correlatie tussen PAK12 ((BAPEQ) en PAK4 in diervoeders.

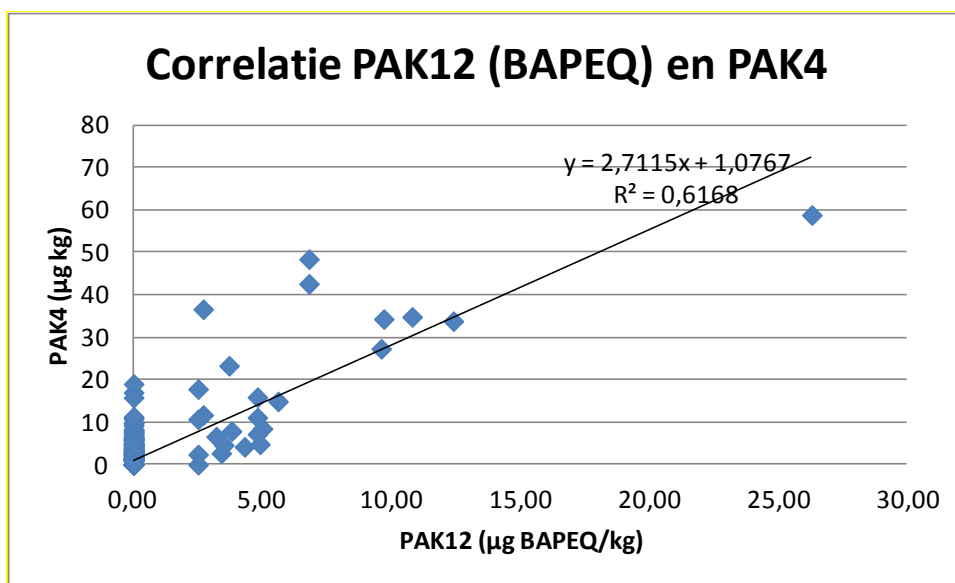
Tabel 7: Vergelijking van de rechte en correlatiecoëfficiënt voor de verschillende groepen van PAK's (uit de analyse gegevens van PAK's gerealiseerd door het FAVV in diervoeding, van 2010 tot 2012)

Relatie	Vergelijking van de rechte	Correlatiecoëfficiënt (R ²)
PAK15+1 en PAK4	Y= 3,2799X + 0,0638	0,618
PAK15+1 en PAK8	Y= 2,0848 X - 0,2403	0,7403
PAK8 en PAK4	Y= 1,6684X – 0,0105	0,9388
PAK12 en PAK4	Y= 6,9784 X + 5,0702	0,7715
PAK12 en PAK8	Y= 3,9912 X + 5,6368	0,7483
PAK2 (BAPEQ) en PAK4	Y= 2,7115 X + 1,0767	0,6168

De correlatiecoëfficiënt (R²) tussen PAK12 concentraties, uitgedrukt in BAPEQ, en de PAK4 concentratie uitgedrukt in µg/kg was 0,62.

De correlatiecoëfficiënt tussen PAK4 en PAK8 in diervoeders is 0,94 (R²), wat overeenkomt met de resultaten gevonden door EFSA (2008) die een correlatie tussen PAK4 en PAK8 van 0,99 in levensmiddelen heeft vastgesteld.

Let op de redelijk goede correlatie tussen PAK4 (EFSA benadering voor levensmiddelen) en PAK12, met een R² van 0,77.



Figuur 1: Correlatie tussen concentratie van PAK12 uitgedrukt in BAPEQ en concentratie van PAK4 (uit de analyse gegevens van PAK's gerealiseerd door het FAVV in diervoeding van 2010 tot 2012)

4. Voorstel van actielimiet

Het Wetenschappelijk Comité is van mening dat zoals voor levensmiddelen, de controle van PAK's in diervoeders zou kunnen worden beperkt tot vier PAK's (benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) die relevant zijn wegens hun toxiciteit.

Verskillende benaderingen zijn voorgesteld om een actielimiet vast te stellen voor PAK4.

Een **eerste benadering** is om de hoogste maximale limiet voor levensmiddelen (35 µg/kg voor PAK4) te beschouwen als actielimiet voor diervoeders. Het aantal niet-conformiteiten van deze limiet van 35 µg/kg in diervoeders geanalyseerd in 2010, 2011 en 2012 is 4 (tabel 8). Alle niet-conforme monsters zijn aanvullende diervoeders. De gemeten concentraties waren 36,6, 42,6, 48,4 en 58,8 µg/kg (zie tabel hieronder).

Deze benadering brengt non-conformiteiten naar boven die onbestaande waren volgens de tot nu toe gebruikte benadering. Inderdaad, er werd geen overschrijding van de actielimiet van 50 µg BaPEQ/kg gevonden voor de resultaten van de jaren 2010, 2011 en 2012. Slechts één monster van aanvullend diervoeder overschreed de actiedrempel van 15 µg BaPEQ/kg. Een reden hiervoor is de TEF van 0,01 toegekend aan chryseen.

Het Wetenschappelijk Comité heeft deze benadering niet weerhouden, aangezien er geen bioaccumulatie van de residuen van PAK's in dierlijke weefsels optreedt.

Tabel 8: Diervoeders waarvan de concentratie in PAK4 hoger is dan 35 µg/kg

	Benzo(a)antraceen (µg/kg)	Benzo(a)pyreen (µg/kg)	Benzo(b)fluoranteen (µg/kg)	Chryseen (µg/kg)	PAK4 (µg/kg)	Som van 12PAK (µBAPEQ/kg)
Complementaire voeders voor dieren	11,20	0,00	14,70	16,70	42,6	6,80
Complementaire voeders voor dieren	15,40	0,00	15,00	18,00	48,4	6,80
Complementaire voeders voor dieren	14,00	0,00	2,30	20,30	36,6	2,70
Complementaire voeders voor dieren	14,30	16,10	12,60	15,80	58,8	26,30

Een **tweede benadering** bestaat er uit om de overdrachtfactoren gerapporteerd door Bulder *et al.* (2006) in beschouwing te nemen voor melk en toe te passen op de maximale waarde van PAK4 in melk. De overdrachtfactoren voor PAK4 variëren van 0,05% tot 0,2%. De maximaal toegestane concentratie voor PAK4 in melk (zuigelingenvoeding) is 1 µg/kg (Verordening (EG) Nr. 1881/2006). Op basis van een overdrachtsfactor van 0,2%, zou de concentratie in diervoeder 500 µg/kg mogen zijn om de maximale limiet in melk niet te overschrijden.

Een **derde benadering** is om de concentratie van 50 µg BAPEQ/kg voor de som van PAK12 om te zetten in een concentratie uitgedrukt in µg/kg voor PAK4 volgens de correlatie vergelijking $Y = 2,7115 X + 1,0767$ verkregen op basis van de gegevens van 700 geanalyseerde diervoeders gedurende 3 jaren (figuur 1).

Voor $X = 50$ µg BAPEQ/kg (huidige actielimiet), $Y = 136,65$ µg/kg

Voor $X = 15$ µg BAPEQ/kg (huidige actiedrempel), $Y = 41,75$ µg/kg.

Een **vierde benadering** zou kunnen zijn om de maximale limiet in diervoeders vast te stellen door de hoogste concentratie of de P99 verdeling van de concentraties te nemen en vervolgens te kijken of dit aanvaardbaar is vanuit toxicologisch oogpunt, met name door overdracht studies in dierlijke producten (zoals het gebeurt in het algemeen voor diervoeders wanneer er geen wettelijke limiet bestaat).

Op basis van tabel 8, is de maximale concentratie voor PAK4 58,8 µg/kg. Deze concentratie is niet problematisch van uit het oogpunt van de volksgezondheid, aangezien op basis van overdrachtfactoren beschikbaar in melk (benadering 2), een concentratie van 500 µg/kg in diervoeders leidt tot een concentratie van 1 µg/kg in melk dat als de laagste limiet in levensmiddelen vastgesteld is.

Het Wetenschappelijk Comité is toch van mening dat een limiet van 500 µg/kg te hoog is omdat er geen zekerheid is over de overdracht.

Volgens de derde benadering (correlatie tussen concentratie in BAPEQ voor de som van PAK12 en de concentratie van PAK4) zou de huidige actielimiet van 50 µg BAPEQ/kg voor PAK12 leiden tot een limiet van 136,65 µg/kg voor PAK4.

Op basis van deze correlatie is het Wetenschappelijk Comité van mening dat een waarde van 150 µg/kg zou kunnen genomen worden als actielimiet voor PAK4 (waarde van 136,65 afgerond naar 150). Deze benadering komt tegemoet aan de benaderingen 2 en 4.

Het Comité stelt voor om de actiedrempel op 50 µg/kg vast te leggen. De actiedrempel is bedoeld om de aandacht van de risicobeheerders te trekken op de noodzaak om de bron van verontreiniging te onderzoeken en/of om het proces te verifiëren. Gebaseerd op de resultaten van tabel 8, blijkt dat de voorgestelde limieten in overeenstemming zijn met eerdere limieten aangezien slechts één monster de actiedrempel overschrijdt.

Het Wetenschappelijk Comité is van mening dat de limieten moeten herzien worden van zodra meer informatie beschikbaar is, in het bijzonder over de toxiciteit van de gevormde metaboliëten.

5. Conclusie

Er werd aan het Wetenschappelijk Comité gevraagd om een advies uit te brengen over de lijst van de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) die moeten gebruikt worden in de analyses van diervoeders en over de toe te passen actielimiet. Momenteel, word 12 PAK's (acenaftteen, acenaftyleen, benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen, benzo(k) fluoranteen, chryseen, dibenzo(a, h)antraceen, indeno(1,2,3-cd)pyreen, fluoranteen, fenantreen en pyreen) geanalyseerd in diervoeders, terwijl 4 PAK's (benz(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) worden geanalyseerd in humane voeding.

De PAK's die het vaakst worden aangetroffen in diervoeders geanalyseerd door het FAVV in 2010, 2011 en 2012 waren fenantreen, acenaftteen, fluoranteen en pyreen. Deze verbindingen worden beschouwd als niet genotoxisch en zijn niet geclassificeerd als carcinogeen door het IARC. Deze congenere maken deel uit van de lijst met 16 prioritaire PAK's volgens de Amerikaanse EPA en zijn merkers van een milieuverontreiniging, maar ook van een verontreiniging tijdens de verwerking van levensmiddelen (bv drogen). Deze PAK's worden ook vaak aangetroffen in levensmiddelen. Ze werden niet relevant geacht in levensmiddelen als gevolg van hun lage toxiciteit.

Op basis van de beschikbare gegevens over het voorkomen en de toxiciteit, besloot de EFSA dat 4 congenere van PAK's (genaamd PAK4: benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(b)fluoranteen en chryseen) voldoende waren als indicatoren voor de aanwezigheid van de meest giftige PAK's in levensmiddelen.

PAK's accumuleren niet in weefsels van dieren na opname van verontreinigde voeders. De aanwezigheid van PAK's in diervoeders gaat dus niet gepaard met een directe blootstelling van de mens. Daarentegen worden PAK's, eenmaal ingenomen door het dier, gemetaboliseerd tot mogelijks toxische verbindingen. Dit is de reden waarom het Wetenschappelijk Comité aanbevelingen doet met betrekking tot de aanwezigheid van deze metabolieten in producten van dierlijke oorsprong.

Wat betreft de lijst met te analyseren van PAK's, is het Wetenschappelijk Comité van mening dat het zinvol is om dezelfde benadering voor levensmiddelen en diervoeders te hebben. Het is belangrijk op te merken dat de analyse van een beperkt aantal PAK's niet toelaat om de bronnen van verontreiniging te identificeren.

Het Wetenschappelijk Comité stelt een benadering voor in twee stappen. Ten eerste, de 4 PAK's controleren die vanwege hun toxiciteit en hun voorkomen relevant zijn. Ten tweede, indien de oorsprong van de verontreiniging moet worden gezocht, kan een grotere groep van PAK's worden geanalyseerd om een patroon van PAK's congenere vast te leggen.

6. Aanbevelingen

Het Wetenschappelijk Comité doet volgende aanbevelingen:

- Voor het FAVV wordt aanbevolen om de 4 PAK's van de lijst PAK4 te analyseren met een actielimiet, van 150 µg/kg (voor de som van de 4 PAK's) en een actiedrempel van 50 µg/kg. De actiedrempel is bedoeld om de aandacht van de risicobeheerders te trekken op de noodzaak om de bron van verontreiniging te onderzoeken en/of om het proces te verifiëren. Het Wetenschappelijk Comité is van mening dat de limieten moeten herzien worden zodra meer informatie beschikbaar is, in het bijzonder over de toxiciteit van de gevormde metabolieten.
- Voor het wetenschappelijk onderzoek, beveelt het Comité aan om de metabolieten van PAK's te analyseren in levensmiddelen van dierlijke oorsprong en hun relevantie te evalueren vanuit een toxicologisch oogpunt.

Voor het Wetenschappelijk Comité,
De Voorzitter,

Prof. Em. Dr. Pharm. C. Van Peteghem (Get.)

Brussel, 24/01/2014

Referenties

Aguinaga N., Campillo N., Viñas P., Hernández-Córdoba M. 2007. Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and related products using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 596, 285–290.

Bulder A.S., Hoogenboom L.A.P., Kan C.A., Raamsdonk L.W.D. van Traag W.A., Bouwmeester H. 2006. Initial Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Feed (materials). Report 2006.001. Institute of Food Safety in the Netherlands.

Cavret S., Laurent C., Feidt C., Laurent F., Rychen G. 2003. Intestinal absorption of ¹⁴C from ¹⁴Cphenanthrene and ¹⁴C-benzo(a)pyrene and ¹⁴C-tetrachlorodibenzo-*para*-dioxin: approaches with the Caco-2 cell line and with portal adsorption measurements in growing pigs. *Reproduction Nutrition Development*, 43(2), 145–154.

Cavret S., Feidt C., Le Roux Y., Laurent F. 2005. Study of mammary epithelial role in polycyclic aromatic hydrocarbons transfer to milk. *Journal of Dairy Science*, 88 (1), 67–70.

Chahin A., Guiavarc'h Y. P., Dziurla M. A., Toussaint H., Feidt C., Rychen G. 2008. 1-Hydroxypyrene in Milk and Urine as a Bioindicator of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure of Ruminants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56, 1780–1786.

Costera A., Feidt C., Dziurla M. A., Monteau F., Le Bizec B., Rychen G. 2009. Bioavailability of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) from Soil and Hay Matrices in Lactating Goats. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 57, 5352–5357.

Danyi S., Brose F., Brasseur B., Schneider Y.-J., Larondelle Y., Pussemier L., Robbens J., De Saeger S., Maghuin-Rogister G., Scippo M.-L. HPLC/UV-FLD method for the 15(+1) EU priority polycyclic aromatic hydrocarbons analysis in food supplements. *Analytica Chimica Acta*, 633, 293–299.

EFSA (European Food Safety Authority), 2008. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. *The EFSA Journal*, 724, 1-114.

FAVV (Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen), 2013. Inventaris acties en actiegrenzen en voorstellen voor harmonisering in het kader van de officiële controles - Chemische contaminanten, residuen en additieven.

FAO/WHO, 2006. Evaluation of certain food contaminants. WHO Food Additive Report Series, No. 55, 2006. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, pp. 563–743.

Fournier A., Feidt C., Dziurla M.-A., Grandclaude C., Jondreville C. Transfer kinetics to egg yolk and modeling residue recovered in yolk of readily metabolized molecules: Polycyclic aromatic hydrocarbons orally administered to laying hens. *Chemosphere*, 78, 1004–1010.

Grova N., Feidt C., Crépineau C., Laurent C., Lafargue PE, Hachimi A, Rychen G. 2002a. Detection of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Levels in Milk Collected Near Potential Contamination Sources. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50, 4640-4642.

Grova N., Feidt C., Laurent C., Rychen G. 2002b. ¹⁴C Milk, urine and faeces excretion kinetics in lactating goats after an oral administration of ¹⁴C polycyclic aromatic hydrocarbons. *International Dairy Journal*, 12, 1025–1031.

Grova N., Monteau F., Le Bizec B., Feidt C., Andre F., Rychen G. 2005. Determination of phenanthrene and hydroxyphenanthrenes in various biological matrices at trace levels using gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Analytical Toxicology*, 29(3), 175-81.

Guiavarec'h Y.P., Chahin A., Dziurla M.A., Yen F.T., Jondreville C., Rychen G. 2011. EROD activity in peripheral blood lymphocytes and 1-hydroxypyrene in urine and milk as biomarkers of PAH exposure in dairy ruminants. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 30 (6), 1346-1353.

Hietaniemi V., 1996. Levels and trends of PCBs, organochlorine pesticide residues and carcinogenic or mutagenic PAH compounds in Finnish and imported foods and diets. In: *Natural Antioxidants and Food Quality in Atherosclerosis and Cancer Prevention*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 432–436.

Husain A, Naeemi E, Dashti B, al-Omirah H, al-Zenki S. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food products originating from locally reared animals in Kuwait. *Food Additives and Contaminants*, 14(3), 295-299.

IARC, 2010. Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans volume 92 <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>

INERIS, 2003. Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérigènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérigènes: Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). INERIS-DRC-03-47026-ETSC-BDo-N°03DR177.doc.

JRC (Joint Research Centre), 2010. PAH factsheet. JRC technical notes. EU

Kan C.A., Traag W.A., Hoogenboom L.A.P. 2003. Voorkomen van PAK's in voer, omgeving van dieren, melk en zuivelproducten alsmede een oriënterende studie in melkvee. ASG Report 03/0027745, 22 pp.

Kan C.A., Meijer G.A.L. 2007. The risk of contamination of food with toxic substances present in animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 133, 84–108.

Knobel G., Campiglia D. 2013. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites in milk by a quick, easy, cheap, effective, rugged and safe extraction and capillary electrophoresis. *Journal of Separation Science*, 36, 2291–2298.

Lapole D., Rychen G., Grova N., Monteau F., Le Bizec B., Feidt C. 2007. Milk and urine excretion of polycyclic aromatic hydrocarbons and their hydroxylated metabolites after a single oral administration in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 90, 2624-2629.

Lutz S., Feidt C., Monteau F., Rychen G., Le Bizec B., Jurjanz S. 2006. Effect of exposure to soil-bound polycyclic aromatic hydrocarbons on milk contaminations of parents compounds and their monohydroxylated metabolites. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 263-268.

Rey-Salgueiro L., García-Falcón M. S., Martínez-Carballo E., González-Barreiro C., Simal-Gándara J. 2008. The use of manures for detection and quantification of polycyclic aromatic hydrocarbons and 3-hydroxybenzo[a]pyrene in animal husbandry. *Science of the total environment*, 406 (1-2), 279-286.

SCF (Scientific Committee on Food), 2002. Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in food. EUROPEAN COMMISSION, HEALTH and CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL Directorate C - Scientific Opinions, SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final http://europa.eu.int/com/food/fs/sc/scf/index_en.html

Schaum J., Schuda L., Wu C., Winters D.L., Sears R., Ferrario J., Andrews K., 2003. A national survey of persistent, bioaccumulative, and toxic (PBT) pollutants in the United States milk supply. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 13(3), 177–186.

SciCom (Wetenschappelijk Comité), 2010. Bijlage advies 09-2010: Fiche 1.10. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). http://www.favv-afsca.fgov.be/wetenschappelijkcomite/adviezen/_documents/Bijlage1-fiche1.10.PAK.pdf

Siever C.K., Shanle E.K., Bradfield C.A., Xu W. 2013. Differential action of monohydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons with estrogen receptors α and β . *Toxicological Science*, 132 (2), 359-397.

Suzuki N., Hayakawa K., Kameda T., Triba A., Tang N., Tabata M. J. , Takada K., Wada S., Omori K., Srivastav A. K., Mishima H., Hattori A. 2009. Monohydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons inhibit both osteoclastic and osteoblastic activities in teleost scales. *Life Sciences*, 84, 482–488.

Traag W., Hoogenboom L.A.P. Weg G;v.d., Baars A.J., Schouten T. 2001. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in animal feeds, animal fats, vegetable oils/fats, fatty acids. State Institute for Quality Control of Agricultural Products (RIKILT).

United States Environmental Protection Agency (US-EPA). 1984. Polynuclear hydrocarbons, vol 10. US-EPA, Washington, DC.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), 1993. Provisional guidance for quantitative risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons. Cincinnati, OH: Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office.

Yebra-Pimentel I., Fernández-González R., Martínez Carballo E., Simal-Gándara J. 2012. Searching ingredients polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons in feeds due to atmospheric or pyrolytic sources. *Food Chemistry*, 135, 2043–2051.

Leden van het Wetenschappelijk Comité

Het Wetenschappelijk Comité is samengesteld uit de volgende leden:

D. Berkvens, A. Clinquart, G. Daube, P. Delahaut, B. De Meulenaer, L. De Zutter, J. Dewulf, P. Gustin, L. Herman, P. Hoet, H. Imberechts, A. Legrève, C. Matthys, C. Saegerman, M.-L. Scippo, M. Sindic, N. Speybroeck, W. Steurbaut, E. Thiry, M. Uyttendaele, T. van den Berg, C. Van Peteghem

Belangenconflict

Er werden geen belangenconflicten vastgesteld.

Dankbetuiging

Het Wetenschappelijk Comité dankt de Stafdirectie voor risicobeoordeling en de leden van de werkgroep voor de voorbereiding van het ontwerp advies. De werkgroep was samengesteld uit:

Leden Wetenschappelijk Comité	M.-L. Scippo (verslaggever), B. De Meulenaer, C. Van Peteghem.
Externe experts	V. Hanot (ISP), A. Huyghebaert (UGent), L. Pussemier (Ex. CERVA).

Wettelijk kader van het advies

Wet van 4 februari 2000 houdende oprichting van het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen, inzonderheid artikel 8;

Koninklijk besluit van 19 mei 2000 betreffende de samenstelling en de werkwijze van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen;

Huishoudelijk reglement, bedoeld in artikel 3 van het koninklijk besluit van 19 mei 2000 betreffende de samenstelling en de werkwijze van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen, goedgekeurd door de Minister op 09 juni 2011.

Disclaimer

Het Wetenschappelijk Comité behoudt zich, te allen tijde, het recht voor dit advies te wijzigen indien nieuwe informatie en gegevens ter beschikking komen na de publicatie van deze versie.