



RIKILT

WAGENINGEN UR



# Nanodeeltjes in cosmetica

RIKILT-rapport 2011.009

R.J.B. Peters





# Nanodeeltjes in cosmetica

R.J.B. Peters

**Rapport 2011.009**

**Juli 2011**

Projectnummer: 121.72.852.01  
Projecttitel: Nano in cosmetica  
Projectleider: R.J.B. Peters

**RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid**

Wageningen University & Research centre  
Akkermaalsbos 2, 6708 WB Wageningen  
Postbus 230, 6700 AE Wageningen  
Tel. 0317 480 256  
Internet: [www.rikilt.wur.nl](http://www.rikilt.wur.nl)

**Copyright 2011, RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid.**

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid is het niet toegestaan:

- a) *dit door RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b) *dit door RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c) *de naam van RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

**Verzendlijst:**

- Natuur & Milieu, Dhr. D. van Engelen  
Postbus 1578, 3500 BN UTRECHT

Bij de totstandkoming van dit rapport is de grootst mogelijke zorgvuldigheid betracht. Tenzij vooraf schriftelijk anders overeengekomen aanvaardt RIKILT – Instituut voor Voedselveiligheid geen aansprakelijkheid voor schadeclaims die worden uitgebracht n.a.v. de inhoud van dit rapport.

# Samenvatting

Tegenwoordig worden in steeds meer producten nanodeeltjes toegepast vanwege hun speciale eigenschappen die de functionaliteit van een product kunnen verbeteren. Nanodeeltjes worden o.a. toegepast in diverse reinigingsmiddelen en onderhoudsspray 's, in sommige soorten textiel, in cosmetica en zonnebrandcrèmes. Het onderzoek naar mogelijke risico's van het gebruik van nanodeeltjes is echter nog in volle gang en het is dan ook nog onduidelijk of de toepassing van deze deeltjes in consumentenproducten een risico voor de consument met zich meebrengt of niet. Natuur & Milieu heeft gevraagd om een aantal cosmetica producten te onderzoeken op de aanwezigheid van anorganische nanodeeltjes. Uit het onderzoek van 15 cosmetica producten blijkt dat 8 producten deeltjes bevatten die kleiner zijn dan 100 nm en dus als nanodeeltjes kunnen worden benoemd. De overige producten bevatten deeltjes waarvan de grootte varieert van 100 nm tot de  $\mu\text{m}$  range. De meeste (nano)deeltjes hebben een min of meer sferische vorm, enkele een hoekige of vezelachtige vorm. De nanodeeltjes zelf bestaan meestal uit titaniumoxide ( $\text{TiO}_2$ ), in één geval uit siliciumoxide (silica,  $\text{SiO}_2$ ) en in drie gevallen uit ijzeroxide ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ). De meeste  $\text{TiO}_2$  nanodeeltjes zijn voorzien van een coating waarbij het in de meeste gevallen mogelijk gaat om een coating die bestaat uit polydimethylsiloxanen (PDMS).



# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Monsters en methoden</b> .....	<b>8</b>
2.1	Monsters.....	8
2.2	Methoden.....	9
<b>3</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>10</b>
3.1	Algemeen .....	10
3.2	Afmeting en vorm van de deeltjes .....	10
3.3	Samenstelling van de deeltjes.....	11
3.4	Coating van de deeltjes.....	11
3.5	Resultaten analyse tweede product.....	12
<b>4</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>13</b>





# 1 Inleiding

Tegenwoordig worden in steeds meer producten nanodeeltjes toegepast vanwege hun speciale eigenschappen die de functionaliteit van een product kunnen verbeteren. Over de definitie van nanodeeltjes of nanomaterialen wordt momenteel nog discussie gevoerd. In de oorspronkelijke definitie van de Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) wordt gesproken over nanodeeltjes wanneer deze deeltjes minimaal in één dimensie een afmeting hebben die kleiner is dan 100 nm. De SCENIHR heeft deze definitie echter opengesteld voor commentaar (tot september 2010) en is momenteel bezig de reacties daarop te verwerken. In dit rapport wordt de term nanodeeltje daarom gebruikt in overeenstemming met de oorspronkelijke definitie, in minimaal één dimensie kleiner dan 100 nm.

Nanodeeltjes worden o.a. toegepast in diverse reinigingsmiddelen en onderhoudsspray 's, in sommige soorten textiel, in cosmetica en zonnebrandcrèmes. Het onderzoek naar mogelijke risico's van het gebruik van nanodeeltjes is echter nog in volle gang en het is dan ook nog onduidelijk of de toepassing van deze deeltjes in consumentenproducten een risico voor de consument met zich meebrengt of niet. Natuur & Milieu heeft gevraagd om een aantal cosmetica producten te onderzoeken op de aanwezigheid van anorganische nanodeeltjes. Het doel is vast te stellen of in bepaalde producten anorganische nanodeeltjes worden toegepast, en zo ja, wat de samenstelling ervan is. Indien mogelijk dient eveneens te worden vastgesteld of deze deeltjes voorzien zijn van een coating. Nanodeeltjes in cosmetica zijn soms voorzien van een coating, enerzijds om ze beter te kunnen dispergeren in het product, anderzijds als beschermend laagje bij de absorptie van zonlicht door anorganische nanodeeltjes.

## 2 Monsters en methoden

### 2.1 Monsters

Voor het onderzoek zijn door Natuur & Milieu een aantal cosmetica producten geselecteerd en per post aan RIKILT verzonden. Deze producten zijn op 17 maart 2011 in gesloten verpakking en in goede orde ontvangen. Het betreft de volgende cosmetica producten:

Product nummer	RIKILT code	Merk	Omschrijving
1	200266682	Olaz	Regenerist, rijke vochtinbrengende crème
2	200266683	Olaz	Double action day cream
3	200266684	Olaz	Regenerist, 3 zone treatment cream
4	200266685	Nivea	Visage Vital
5	200266686	Nivea	Visage Q10 anti rimpel
6	200266687	Nivea	Nivea For Men
7	200266688	Vichy	Liftactiv CxP
8	200266689	Vichy	Liftactiv CxP Total
9	200266690	Vichy	Derma Blend
10	200266691	Dior	Skin Nude
11	200266692	Dior	Show Black Out
12	200266693	Chanel	Solution Déstressante
13	200266694	Clinique	Mascara
14	200266695	Clinique	Moisture surge
15	200266696	Biocura	Dagcreme

In die producten waarin nanodeeltjes zijn aangetroffen is een tweede verpakking onderzocht om de aanwezigheid van nanodeeltjes in die producten te bevestigen. Deze extra monsters zijn door Natuur & Milieu per koerier aan RIKILT verzonden. De producten zijn in gesloten verpakking en in goede orde ontvangen op 7 juli 2011.

## 2.2 Methoden

De monsters zijn met verschillende technieken onderzocht om vast te stellen of het product (nano)deeltjes bevat en, zo ja, uit welke elementen deze deeltjes zijn samengesteld.

Deze methoden zijn:

- Nano Tracking Analysis (NTA), een screeningstechniek waarmee de aanwezigheid van (nano)deeltjes kan worden vastgesteld en een indruk wordt verkregen van de afmetingen van de deeltjes.
- Inductief gekoppeld Plasma Massa Spectrometrie (ICPMS) waarmee cosmetica producten gescreend kunnen worden op relevante elementen zoals titanium, silicium en zink, en waarmee de elementen waaruit anorganische nanodeeltjes zijn samengesteld kunnen worden bepaald.
- Scanning Elektronen Microscopie met Energie Dispersieve X-ray spectroscopie (SEM-EDX) waarmee een beeld van de deeltjes kan worden verkregen waaruit de afmeting en vorm van de deeltjes kunnen worden bepaald. Met EDX kan de elementsamenstelling van een deeltje worden bepaald. Met deze techniek kan tevens een zogenaamde linescan worden gemaakt waarmee het mogelijk is te bepalen of deeltjes voorzien zijn van een coating en uit welke elementen deze coating bestaat.

## 3 Resultaten

### 3.1 Algemeen

Cosmetica producten zoals crèmes bestaan vaak uit een emulsie van olieachtige druppeltjes in de micrometer ( $\mu\text{m}$ ) range in een waterige matrix. De druppeltjes zelf gedragen zich als kleine deeltjes. Als gevolg daarvan bleek analyse met NTA, ook na zuivering, een te laag onderscheidend vermogen te hebben om de aanwezigheid van anorganische nanodeeltjes in de matrix vast te stellen. De NTA resultaten gaven aan dat in alle te onderzoeken monsters (nano)deeltjes voorkwamen terwijl dit zeer waarschijnlijk o.a. de olieachtige druppeltjes zijn.

Analyse met ICPMS laat een grote verscheidenheid aan elementen zien waarbij de belangrijkste elementen zijn vermeld in tabel 1. Deze hoofdelementen zijn titanium (Ti), silicium (Si), ijzer (Fe) en soms ook natrium (Na), magnesium (Mg), ijzer (Fe). Deze elementen wijzen op het volgende:

- Ti, Fe en Si wijzen op de aanwezigheid van titanium-, ijzer-, en siliciumoxide ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  en  $\text{SiO}_2$ ) die veelvuldig in de vorm van (nano)deeltjes in cosmetica worden toegepast. In het geval van ijzeroxide gaat het gewoonlijk om  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  en gehydrateerde vormen daarvan.
- Na, Mg, en Al kunnen om andere redenen aanwezig zijn, natrium en magnesium als zouten bijvoorbeeld, terwijl aluminium en magnesium ook in de vorm van de respectievelijke oxides worden toegepast in o.a. cosmetica.

Gezien de resultaten van de screeningsanalyses is besloten de monsters verder te onderzoeken met SEM-EDX. Met SEM-EDX is de aanwezigheid van deeltjes bevestigd, zijn de afmetingen van de deeltjes bepaald, en zijn de elementen bepaald waaruit de deeltjes zijn samengesteld. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.

### 3.2 Afmeting en vorm van de deeltjes

Uit de resultaten in tabel 2 blijkt dat in alle producten anorganische deeltjes worden aangetroffen maar dat deze deeltjes in de meerderheid van de producten afmetingen hebben die groter zijn dan 100 nanometer (nm). De (voorlopige) definitie van een nanodeeltje is een deeltje met in ten minste één dimensie een afmeting kleiner dan 100 nm. Daaruit volgt dat de drie Nivea producten (200266685-687) anorganische deeltjes bevatten die aangemerkt kunnen worden als nanodeeltjes. Ook in enkele producten van Olaz (200266683), Vichy (200266689-690) en Dior (200266691-692) komen deeltjes voor waarvan een deel aangemerkt kan worden als nanodeeltje. In de overige producten worden wel deeltjes aangetroffen maar in afmetingen groter dan 100 nm. In de meeste gevallen zijn de deeltjes min of meer sferisch (geen vermelding in tabel 2), maar in enkele gevallen komen ook andere vormen voor zoals vezels en lensvormige deeltjes.

### 3.3 Samenstelling van de deeltjes

In verreweg de meeste gevallen gaat het bij de (nano)deeltjes om titaniumoxide ( $\text{TiO}_2$ ), ijzeroxide ( $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ) en silica (siliciumoxide,  $\text{SiO}_2$ ). Zowel  $\text{TiO}_2$  als  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  bieden bescherming tegen UV straling terwijl de deeltjes zelf transparant zijn indien ze nano afmetingen hebben. Bij grotere afmetingen hebben de deeltjes wel kleur, zo is  $\text{TiO}_2$  wit terwijl  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  wordt gebruikt om kleur toe te voegen variërend van geel, oranje, rood tot zwart. IJzer(III)oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) wordt gebruikt als pigment onder namen als "Pigment Brown 6" en "Pigment Red 101". De beide genoemde pigmenten zijn door de Amerikaanse Food and Drug Administration (FDA) goedgekeurd voor gebruik in cosmetica. In dit onderzoek is  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  alleen aangetroffen in mascara en gekleurde crèmes wat strookt met het gebruik als pigment. In de meeste gevallen zijn de  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  deeltjes min of meer sferisch met een diameter groter dan 100 nm. In twee producten zijn ook vezelvormige  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  deeltjes aangetroffen met een diameter onder de 100 nm (dus aan te merken als nanodeeltjes) en een lengte in de range van 500-1000 nm. Silica wordt in cosmetica toegepast om emulsies te stabiliseren. In één monster zijn ook aluminiumoxide ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en natriumsulfaat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) deeltjes aangetroffen en in enkele andere monsters minerale deeltjes waarin meerdere elementen (Al, Si, Na, Ca, K) in onbekende vorm aanwezig zijn. Deze materialen worden veelal toegevoegd als polijstmiddel of als verdikkingsmiddel. In tabel 2 is een indicatie van het gehalte van de genoemde materialen in het product vermeld. Deze indicatie is uitsluitend toegevoegd om onderscheid te kunnen maken tussen deeltjes die waarschijnlijk met een doel zijn toegevoegd (gehalte in de range van ‰ tot %) en deeltjes die mogelijk als gevolg van het productieproces of om andere redenen in het product voorkomen, maar daaraan niet perse met een doel zijn toegevoegd (gehalte in de range van ppm of spoor).

### 3.4 Coating van de deeltjes

Micro- en nanodeeltjes in zonnebrandcrèmes zijn nogal eens voorzien van een coating. Dit wordt enerzijds gedaan om de dispergeerbaarheid van de deeltjes in de crème te verbeteren, anderzijds om een beschermend laagje te vormen. UV straling uit zonlicht wordt namelijk niet alleen door de nanodeeltjes gereflecteerd maar ook geabsorbeerd. Deze absorptie kan zorgen voor het vrijkomen van vrije radicalen, bijvoorbeeld onstabiele zuurstof moleculen, die bindingen aan kunnen gaan met lichaamseigen stoffen in de huid, daar tot ontstekingsreacties kunnen leiden en mogelijk een rol spelen bij de veroudering. Om de vorming van vrije radicalen tegen te gaan worden deeltjes gecoat met een beschermend laagje, veelal bestaande uit siliciumverbindingen of aluminiumoxide. Met SEM-EDX is onderzocht of de deeltjes in de producten in dit onderzoek zijn voorzien van een coating. Dit is vastgesteld door met EDX een zogenaamde line-scan over een deeltje te maken waarbij de verdeling van de elementen over de gemaakte doorsnede kan worden bepaald. In veel monsters (zie tabel 2) blijken  $\text{TiO}_2$  nanodeeltjes te zijn voorzien van een coating waarin zowel de elementen silicium als koolstof worden aangetroffen, een organische siliciumverbinding dus. Voor  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  deeltjes is dat mogelijk ook het geval maar dit is minder goed waarneembaar. Hoewel dit beslist geen volledige karakterisering is, wordt op grond van deze waarneming verwacht dat de coating bestaat uit polydimethylsiloxanen (PDMS). Dit is een organische siliciumverbinding die o.a. wordt gebruikt als coating op (nano)deeltjes die in cosmetica producten worden toegepast om de dispergeerbaarheid van de (nano)deeltjes in het product te verbeteren, maar ook om de hiervoor vermelde foto-katalytische activiteit van  $\text{TiO}_2$  deeltjes (productie vrije radicalen) te verminderen. In twee monsters lijkt de coating naast koolstof en silicium ook aluminium te bevatten, waarschijnlijk aluminiumhydroxide ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) dat eveneens gebruikt wordt om de foto-

katalytische activiteit van TiO<sub>2</sub> te blokkeren. In één monster werd zwavel aangetroffen. De rol daarvan is niet duidelijk en het zou ook om een verbinding met ijzer kunnen gaan. Als gevolg van interferentie door de matrix, of als veel verschillende deeltjes aanwezig zijn geeft de gebruikte techniek niet in alle gevallen een eenduidig resultaat. In dat geval is er geen vermelding in de laatste kolom van tabel 2.

### 3.5 Resultaten analyse tweede product

Om er zeker van te zijn dat de resultaten representatief zijn voor een bepaald product is voor die producten waarin nanodeeltjes werden aangetroffen aan Natuur & Milieu verzocht een tweede product van hetzelfde merk en type aan te leveren. Daarbij gaat het om de volgende producten:

Product	Omschrijving	RIKILT code Eerste product	RIKILT code Tweede product
Olaz	Double action day cream	200266683	200269199
Nivea	Visage Vital	200266685	200269198
Nivea	Visage Q10 anti rimpel	200266686	200269196
Nivea	Nivea For Men	200266687	200269197
Vichy	Liftactiv CxP Total	200266689	200269203
Vichy	Derma Blend	200266690	200269202
Dior	Skin Nude	200266691	200269201
Dior	Show Black Out	200266692	200269200

Deze tweede producten van zelfde merk en type zijn op dezelfde wijze geanalyseerd als het eerste product. De resultaten van de analyse van deze tweede producten komen goed overeen met die van de analyse van de eerste producten waarmee de kans dat sprake is van een toevallig resultaat minimaal is.

## 4 Conclusies

Uit de resultaten van het onderzoek naar 15 cosmetica producten blijkt dat 8 producten deeltjes bevatten die kleiner zijn dan 100 nm en dus als nanodeeltjes kunnen worden benoemd. De overige producten bevatten deeltjes waarvan de grootte varieert van 100 nm tot de  $\mu\text{m}$  range. De meeste (nano)deeltjes hebben een min of meer sferische vorm, enkele een vezelachtige vorm. De nanodeeltjes zelf bestaan hoofdzakelijk uit  $\text{TiO}_2$ , in één geval uit  $\text{SiO}_2$  en in drie gevallen uit  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ . De meeste nanodeeltjes lijken gecoat te zijn. Op basis van de analysegegevens en gegevens van commercieel verkrijgbare nanodeeltjes voor toepassing in cosmetica, gaat het mogelijk om een coating die bestaat uit polydimethylsiloxanen (PDMS), een organische silicium verbinding.

# Annex I

Tabel 1. Algemene gegevens en aangetroffen elementen in 15 cosmetica producten.

Nr.	RIKILT code	Merk	Type	Aangetroffen elementen*
1	200266682	Olaz	Regenerist	Ti, Si, Al
2	200266683	Olaz	Double action	Ti, Si, Na
3	200266684	Olaz	Regenerist 3 zone	Ti, Si, Al, K, Na
4	200266685	Nivea	Visage vital	Ti, Si, S
5	200266686	Nivea	Visage Q10	Ti, Si, Al
6	200266687	Nivea	For men	Ti, Si, Al
7	200266688	Vichy	Liftactiv CxP	Si, P,Mg,Cl, S,Na,Al, K,Mg
8	200266689	Vichy	Liftactiv CxP Total	Si, Ti, Mg, S, Al, Na
9	200266690	Vichy	Derma blend	Ti,Si,Fe, Mg, Al
10	200266691	Dior	Skin nude	Ti,Si,Fe,Al, Na, S
11	200266692	Dior	Show Black Out	Fe, S
12	200266693	Chanel	Solution Déstressante	Si
13	200266694	Clinique	Mascara	Si,Al,Fe, Na, Mg, S
14	200266695	Clinique	Moisture surge	Si,S
15	200266696	Biocura	Dagcreme	Na, Si, K, Mg, P

\* Elementen in de matrix zelf zoals koolstof, waterstof en zuurstof zijn hier buiten beschouwing gelaten.



Tabel 2. Samenstelling en diameter van (nano)deeltjes in 15 cosmetica producten.

Nr.	Samenstelling deeltjes	Diameter* deeltjes	Indicatief gehalte	Opmerking m.b.t. coating***
1	TiO <sub>2</sub>	100-300 nm	%	coating organisch silicium
2	TiO <sub>2</sub>	40-200 nm	‰	coating organisch silicium
3	TiO <sub>2</sub>	100-300 nm	%	coating organisch silicium
	Al/Si/Ti/K-flakes	µm-range	%	
4	TiO <sub>2</sub>	15-40 nm	%	coating organisch silicium
5	TiO <sub>2</sub>	15-40 nm	%	coating organisch silicium
6	TiO <sub>2</sub>	15-40 nm	‰	coating organisch silicium/aluminium
7	SiO <sub>2</sub>	200 nm - µm's	%	geen coating
8	SiO <sub>2</sub>	50-200 nm	ppm	geen coating
	TiO <sub>2</sub>	100-200 nm	ppm	
	Al/Si/Ti/K-flakes	µm-range	%	
9	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	100-200 nm	%	
	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> vezels	d<100 / l>500nm**	%	
	TiO <sub>2</sub>	50-200 nm	%	coating organisch silicium
10	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	100-200 nm	%	
	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub> vezels	d<100 / l>500nm**	%	
	TiO <sub>2</sub>	50-200 nm	%	coating organisch silicium
	TiO <sub>2</sub> (lensvorm)	15-30 nm	%	
	SiO <sub>2</sub>	µm-range	%	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	200-1000 nm	%	
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500-1000 nm	‰	
11	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	50-500 nm	%	coating organisch silicium/zwavel
12	SiO <sub>2</sub> flakes	100-500 nm	ppm	coating organisch silicium
13	SiO <sub>2</sub> bolletjes	1-10 µm	%	coating organisch silicium/aluminium
	Fe <sub>x</sub> O <sub>y</sub>	100-200 nm	%	
14	Al/Si/Na/Ca-deeltjes	µm-range	spoor	geen coating
15	Al/Si/Na/Ca/K-deeltjes	µm-range	spoor	geen coating

\* deeltjes kleiner dan 15 nm kunnen met de gebruikte techniek niet zichtbaar gemaakt worden.

\*\* d=diameter, l=lengte.

\*\*\* geen opmerking betekent dat niet kon worden vastgesteld of het deeltje al dan niet voorzien was van een coating.





RIKILT - Institute of Food Safety is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). RIKILT conducts independent research into the safety and quality of food. The institute is specialised in detecting and identifying substances in food and animal feed and determining the functionality and effect of those substances.

RIKILT advises national and international governments on establishing standards and methods of analysis. RIKILT is available 24 hours a day and seven days a week in cases of incidents and food crises.

The research institute in Wageningen is the National Reference Laboratory (NRL) for milk, genetically modified organisms, and nearly all chemical substances, and is also the European Union Reference Laboratory (EU-RL) for substances with hormonal effects.

RIKILT is a member of various national and international expertise centres and networks. Most of our work is commissioned by the Dutch Ministry of Economic Affairs, Agriculture and Innovation and the new Dutch Food and Consumer Product Safety Authority. Other parties commissioning our work include the European Union, the European Food Safety Authority (EFSA), foreign governments, social organisations, and businesses.

More information: [www.rikilt.wur.nl](http://www.rikilt.wur.nl)

