

Über die Bestandteile von natürlichen und experimentell hergestellten Leichenwachsen*

Ryo Nanikawa

Institut für Rechtsmedizin der Universität Kanazawa (Japan)

Eingegangen am 11. September 1972

Composition of Adipoceres

Summary. 23 adipoceres were chemically analyzed. They consisted of 50—95% fatty acids, of which 10—95% were saponified. Hydroxylated fatty acids constituted 0—28% and were identified as 10-monohydroxystearic acid by classical methods. Gas chromatography revealed further the presence of palmitic, stearic, oleic and myristic acid. In the majority of cases the acids were of the saturated types. Attempts to synthesize adipoceres were only partially successful (6 cases). In comparison with fresh material, there were interesting differences in the following: Fresh beef contained 16.2% fatty acids, fresh human tongue contained none. The synthesized adipocere from both, however, contained 83.7% and 91.4% fatty acids, respectively, proving the transformation of protein into fat. Saponified fatty acids were absent in fresh samples but present in adipocere thereof (0.6—14%) and similar to those in grave waxes. Saturated fatty acids were markedly increased. The formation of adipocere from fat tissue and protein tissue is indicated and its stabilization by saponification, saturation and hydroxylation. Adipocere formation is apparently caused by environmental factors and bacterial enzymes.

Zusammenfassung. Leichenwachsbildung wurde an 23 Fällen chemisch analysiert. Der Anteil der Fettsäuren betrug 50—95%, davon waren 10—95% Seifenfettsäuren. Für Hydroxyfettsäure wurde ein Anteil von 0—28% festgestellt. Durch Elementaranalyse, Schmelzpunktbestimmung u. a. wurde sie als 10-Monohydroxyfettsäure identifiziert. Daneben ergaben sich bei der gaschromatographischen Analyse als Bestandteile Palmitin-, Stearin-, Olein- und Myristinsäure. In den meisten Proben entfiel der Hauptanteil auf gesättigte Fettsäuren. Versuche mit verschiedenen Materialien Leichenwachs künstlich herzustellen, gelangen in 6 Fällen, bei allen anderen wurden die Proben faulig und lösten sich auf. Ein Vergleich mit frischen Ausgangsstoffen ergab einige interessante Punkte. Der Fettsäureanteil belief sich bei frischem Rindfleisch auf 16,2% und bei frischer Menschenzunge auf 0%, dagegen betrug das Verhältnis bei dem daraus entstandenen Leichenwachs 83,7 bzw. 91,4%. Dies spricht eindeutig für eine Umwandlung von Eiweiß in Fett.

In frischen Proben wurden keine Seifenfettsäuren gefunden, im Leichenwachs jedoch Werte von 0,6 bis 14,1%. Die Zusammensetzung der Fettsäuren entsprach der in natürlichen Leichenwachs. Der Anteil gesättigter Fettsäuren war gegenüber frischen Materialien stark erhöht.

Als Entstehungsweise von Leichenwachs kommen in Frage: Stabilisierung der Fettsäure durch Verseifung, Sättigung ungesättigter Fettsäuren und Hydroxyfettsäurebildung. Verseifung ist ein Teilphänomen der Stabilisierung. Umwandlung von Eiweiß in Fett. Vermutlich werden diese Vorgänge durch Umweltbedingungen und bakterielle Enzyme ermöglicht.

Key words: Adipocere — Leichenwachs, Bildung, Bestandteile.

* Herrn Prof. B. Mueller zum 75. Geburtstag gewidmet.

In Lehrbüchern der gerichtlichen Medizin wird Leichenwachs als eine außergewöhnliche Leichenerscheinung erwähnt. Untersuchungen darüber liegen ziemlich weit zurück, aus jüngster Zeit gibt es so gut wie keine Veröffentlichungen. Die bisherigen Untersuchungen über Leichenwachs waren fast alle morphologisch, und sehr wenige nur behandelten Zusammensetzung und Entstehungsweise mittels chemischer Methoden.

Chemische Analyse und bakteriologische Untersuchungen wurden an 23 Fällen vorgenommen, bei denen das Leichenwachs an verschiedenen Örtlichkeiten gefunden wurde, und an verschiedenen Proben künstlich hergestellten Leichenwachses. Ziel dieser Untersuchungen war es, zusammen mit diesen Ergebnissen die Bildungsweise von Leichenwachs zu klären.

Hauptpunkte dabei waren:

1. der Anteil von Verseifungsfettsäuren im Leichenwachs,
2. der Anteil von Hydroxyfettsäure, die in der freien Natur selten vorkommt, im Leichenwachs,
3. Bakterien, die vermutlich bei der Leichenwachsbildung eine Rolle spielen,
4. Umwandlung von Eiweiß in Fett,
5. Art der im Leichenwachs entstandenen Fettsäuren.

Experimentelles Verfahren

Chemische Fraktionierung

Bei der chemischen Analyse wurde die Probe zunächst getrocknet, mit einem Diäthyläther-Äthylalkohol-Gemisch (Verhältnis 3:1) extrahiert und in eine lösliche und eine unlösliche Fraktion zerlegt. Die lösliche Fraktion wurde dann verseift und unverseifbare Stoffe daraus entfernt. Durch Behandlung mit HCl wurden aus dieser Fraktion Fettsäuren gewonnen. Diese Fettsäuren wurden in Petroläther gelöst und in eine lösliche Fraktion (F-A) und eine unlösliche Fraktion (F-B) getrennt. Bei der Fraktion F-B handelte es sich um Hydroxyfettsäuren.

Die in den Diäthyläther-Äthylalkohol-Gemisch nicht lösliche Fraktion wurde nach HCl-Behandlung mit Diäthyläther extrahiert, wobei lösliche Fettsäuren (F-C) und ein Rückstand gewonnen wurden. Fraktion F-C bestand aus Seifenfettsäuren.

Bakterienuntersuchungen

Mit einem sterilisierten Messer wurden aus dem Kern des Leichenwachses kleine Proben herausgeschnitten, in steriler physiologischer Kochsalzlösung suspendiert und untersucht. Die Proben wurden nach Aerobiern, Anaerobiern und Eumyzenen getrennt kultiviert, erneut in Reinkultur gezogen und dann nach dem von Bergey angegebenen Verfahren die darin enthaltenen Bakterien identifiziert.

Gaschromatographische Analyse von Leichenwachsfettsäuren

Zur Untersuchung wurden nach dem Verfahren von Metcalfe u. Schmitz aus den einzelnen gelösten Fraktionen der Fettsäuren deren Methylester gebildet. In geringen Mengen von Aceton gelöst, wurden die Fraktionen in den Proberaum des Gaschromatographs eingebracht. Die Fettsäuren wurden dann über Kontrollchromatogramme identifiziert, die aus bekannten Fettsäuren gewonnen worden waren. Das Gewichtsverhältnis der einzelnen Fettsäuren wurde

über die Fläche des Gipfels des Chromatogramms ermittelt. Die gaschromatographische Analyse wurde unter folgenden Bedingungen durchgeführt.

Apparat: Gaschromatograph, Hitachi-Modell KGL-2A. Säule: U-förmig, aus rostfreiem Stahl, Innendurchmesser 3 mm, Länge 3 m. Füllmittel: Diäthylenglykol-Succinatpolyester, 15%ig. Trägergas: Molekularer Stickstoff (N₂), 60 ml/min. Temperatur: Säule 180°C, Proberaum 230°C, Detektor 230°C. Detektor: Flammenionisations-Detektor.

Ergebnisse und Besprechung

1. Natürliche Leichenwachse

Die Leichenwachse von 23 Leichen wurden chemisch analysiert. Hinsichtlich des Zeitpunkts der Entstehung nach dem Tode und des Aussehens der Körperteile, aus welchem die Probe entnommen wurde, s. Tabelle 1.

Der Fettsäureanteil im Leichenwachs betrug in den meisten Fällen 50—95% (Tabelle 2). In den Fettsäuren wiederum belief sich der Anteil von Seifenfettsäuren auf 10—95% und der von Hydroxyfettsäuren auf 0—28%. Bei äußerlicher Beurteilung der Reifungsgrade zeigten sich gipsartig harte Formen als # und käseartig weiche Formen als ± bis + (Tabelle 1). Die Fettsäuren wurden durch Gas-

Tabelle 1. Natürliche Leichenwachse von Menschen

Nr.	Makroskopisch	Zeit nach dem Tode	Körperteile	Makroskopische Reifungsgrade
1	grauweißlich, gipsartig	unklar	Anusumgebung	#
2	grauweißlich, gipsartig	unklar	Finger	+
3	dünn gelblich-braun, käseartig	unklar	Vorderarm	+
4	dünn gelblich-braun, käseartig	unklar	Lende	+
5	grauweißlich, rindenartig	40 J.	Lende	+
6	grauweißlich, gipsartig	2 J.	Kopfhaut	#
7	grauweißlich, gipsartig	6 M.	Schulter	#
8	grauweißlich, gipsartig	6 M.	Fuß	#
9	grauweißlich, gipsartig	6 M.	Gesäß	+
10	gelbweißlich, gipsartig	9 M.	Fuß	#
11	grauweißlich, gipsartig	9 M.	Unterbauch	#
12	grauweißlich, gipsartig	3—5 M.	Gesäß	#
13	grauweißlich, gipsartig	unklar	unklar	#
14	grauweißlich, gipsartig	unklar	Wange	#
15	grauweißlich, gipsartig	unklar	Rücken	#
16	grauweißlich, gipsartig	1 J.	Fuß	#
17	dünn gelblich-braun, käseartig	6 M.	Brustwand	+
18	grauweißlich, gipsartig	2—3 M.	unklar	#
19	grauweißlich, gipsartig	16 M.	Lende	#
20	grauweißlich, käseartig	2—3 M.	Oberschenkel	+
21	grauweißlich, gipsartig	2 J. 7 M.	Gesäß	#
22	grauweißlich, gipsartig	2—3 J.	Knochenmark	#
23	dünn braun, rindenartig	2—3 J.	Unterschenkel	#

+ leichtgradig, # mittelmäßig, # reif.

Tabelle 2. Chemische Bestandteile der Leichenwache (%)

Nr.	Fettsäure	Unverseifbare Stoffe	Rück- stand
1	84,0	0,5	15,6
2	83,9	0	16,1
3	86,0	0	14,0
4	68,8	0,5	30,7
5	15,8	0	84,2
6	61,1	0	38,9
7	72,1	0,8	27,1
8	84,2	0	15,8
9	61,1	1,2	38,9
10	91,5	0,7	7,9
11	73,5	0,9	25,3
12	94,4	0,4	5,2
13	78,8	0,1	21,1
14	96,5	0,6	2,8
15	95,3	0,6	4,1
16	83,8	0,5	15,6
17	70,3	0,3	29,4
18	87,6	0,9	11,5
19	93,3	0,4	6,3
20	28,6	29,5	41,8
21	52,9	2,5	24,2
22	54,4	0,5	13,7
23	65,5	3,6	9,8

Tabelle 3. Fettsäure-Fractionen der Leichenwache (%)

Nr.	F-A (Äther-Alkohol- lösliche Fraktion)	F-B (Hydroxyfett- säure)	F-C (Seifen- fettsäure)
1	49,6	10,0	40,4
2	65,8	0	34,2
3	80,1	0	19,9
4	84,3	0	15,7
5	48,1	13,6	38,3
6	35,4	1,0	63,6
7	68,2	4,8	27,0
8	33,2	12,6	54,2
9	56,4	18,0	25,6
10	65,0	0	35,0
11	21,2	4,3	74,5
12	13,6	4,6	81,8
13	10,9	0	89,1
14	88,9	0	11,1
15	88,2	0	11,8
16	89,3	0	10,7
17	90,8	0	9,2
18	42,8	0	57,2
19	65,0	0	35,1
20	3,2	0	96,8
21	67,0	28,0	5,0
22	79,0	10,0	11,0
23	83,0	0	17,0

Tabelle 4. Fettsäuren der Fraktion A (%)

Nr.	C _{12:0}	C _{14:0}	C _{14:1}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2} ^a	Sättigungs- grade ^b
1	0	11,1	0	71,2	0	7,6	10,1	0	89,9
2	0	12,6	0	80,0	0	5,3	2,1	0	97,9
3	0,3	32,4	0,6	17,6	20,3	3,3	22,8	2,7	56,3
4	0,7	6,6	0	41,7	12,1	6,2	28,7	2,8	58,0
5	0	8,2	0	70,2	0	10,8	10,8	0	89,2
6	0,5	7,8	0,9	53,1	0	6,8	27,2	0	68,2
7	0	9,7	0,9	70,7	0	11,0	7,7	0	91,4
8	0,5	8,2	1,1	33,5	21,1	1,7	30,0	2,1	46,0
9	0,5	7,3	0,5	57,4	0	12,6	19,3	0	77,8
10	0,4	10,3	2,1	44,6	4,3	17,6	16,0	0	72,9
11	0	14,1	1,5	44,3	4,5	4,7	29,1	0,4	63,5
12	2,2	9,0	1,1	36,4	14,8	4,8	29,5	0	52,4
13	0,5	2,0	0,9	13,0	9,0	3,1	52,3	13,5	32,1
14	0,5	13,1	0	75,8	1,5	6,4	2,7	0	95,8
15	0,5	14,9	0	74,1	1,0	8,2	1,3	0	97,7
16	0,7	13,3	0	59,2	7,5	3,6	15,7	0	76,8
17	0	3,2	0,3	37,6	10,1	1,9	38,4	8,5	42,7
18	1,1	10,0	0,7	62,0	8,2	6,9	11,1	0	80,0
19	0,3	5,2	0,5	77,2	13,6	4,5	8,5	0	81,7
20	4,3	7,3	0	10,4	11,9	3,6	51,8	10,7	25,6
21	0	8,6	0	57,0	0	9,6	23,0	1,8	76,0
22	0	13,8	0	57,2	3,3	11,0	13,0	1,7	48,0
23	0	11,0	0	49,0	6,5	2,0	25,5	6,0	59,0

^a C_{14:0} = Myristinsäure; C_{16:0} = Palmitinsäure; C_{16:1} = Palmitoleinsäure; C_{18:0} = Stearinsäure; C_{18:1} = Ölsäure; C_{18:2} = Linolsäure.

^b Gesättigte Fettsäuren/Gesamtfettsäure (%).

chromatographie analysiert, wobei hauptsächlich Palmitin-, Stearin-, Olein- und Myristinsäure festgestellt wurden (Tabelle 4). Als Sättigungsgrad der Fettsäuren gilt der prozentuale Anteil gesättigter Fettsäuren an der Gesamtfettsäure.

Verseifungstheorie von Leichenwachs und Hydroxyfettsäure

Bisher wurde die Leichenwachsbildung durch die Verseifungstheorie erklärt. In Untersuchungen zur Analyse von Leichenwachs war der Seifenanteil jedoch äußerst gering. Ruttan u. Marshall (1917, Schwein) fanden Werte von 4,41%, Nanikawa *et al.* (1958, Menschen) gaben 5, 11 und 17% an. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung an 23 Fällen erlauben den Schluß, daß die Verseifung von Fettsäuren bei der Leichenwachsbildung eine wesentliche Rolle spielt. Aber selbst bei vollständiger Leichenwachsbildung ergaben sich Fälle mit geringem Seifenanteil, und es scheint nicht möglich, sie durch die Verseifungstheorie zu erklären. Ein Vergleich mit dem Zustand *in vivo* zeigt klar, daß der Anteil ungesättigter Fettsäuren im Leichenwachs geringer ist. Die Sättigung ungesättigter Fettsäuren kann daher auch als ein Faktor der Leichenwachsbildung gelten.

Hydroxyfettsäure kommt in der freien Natur selten vor, ihr Auftreten ist daher biochemisch von Interesse, und in 10 Fällen wurde sie festgestellt. Auch dies bedeutet eine Stabilisierung der Fettsäuren und darf somit als ein weiterer Faktor

Tabelle 5. Künstliche Leichenwaxse

Nr.	Materialien	Makroskopisch	Verlaufene Tage	Makroskopische Reifungsgrade
1	Rinderfett	grauweißlich, Fäulnisgeruch (—) gipsartig	990	+
2	Rindfleisch	grauweißlich, Fäulnisgeruch (—) gipsartig	990	+
4	Rinderfett	grauweißlich, Fäulnisgeruch (—)	990	+
7	Menschenzunge	grauweißlich, Fäulnisgeruch (±)	984	+
8	menschliches Unterhautfettgewebe	grauweißlich, Fäulnisgeruch (±) käseartig	984	±
9	Stearinsäure	grauweißlich gipsartig	984	±

Tabelle 6. Chemische Bestandteile der frischen Materialien als Kontrollversuch

	Gesamtes Gewicht (g)	Äther-Alkohol löslich			Äther-Alkohol unlöslich	
		unver-seifbare Stoffe (g)	Fraktion A (g)	Fraktion B (g)	Fraktion C (g)	Rückstand (g)
Rindfleisch	80,00	0,29	8,84 (16,2%)	0	0	45,58
Rinderfett	17,09	4,03	8,09 (62,1%)	0	0	0,89
Menschliches Unterhautfettgewebe	51,70	13,28	34,96 (70,1%)	0	0	1,67

Tabelle 7. Chemische Bestandteile der künstlichen Leichenwaxse

Leichenwaxse	Gesamtes Gewicht (g)	Äther-Alkohol löslich			Äther-Alkohol unlöslich		
		Gewicht (g)	unver-seifbare Stoffe (g)	Fraktion A (g)	Fraktion B (g)	Fraktion C (g)	Rückstand (g)
1	56,13	45,62	8,45	33,44 (70,0%)	0	2,47 (5,2%)	3,39
2	18,70	16,60	2,02	13,13 (82,8%)	0	0,14 (0,9%)	0,57
4	60,05	55,68	7,59	33,74 (69,7%)	0	7,88 (14,1%)	1,37
7	6,48	5,91	0,37	4,40 (80,1%)	0	0,62 (11,3%)	0,10
8	66,00	63,36	18,62	38,66 (65,4%)	0	0,65 (1,1%)	1,17
9	40,07	38,98	0,26	38,29 (98,7%)	0	0,22 (0,6%)	0

bei der Leichenwaxsbildung angesehen werden. Die aus dem Leichenwaxs ausgeschiedenen reinen Kristalle wurden auf verschiedene Weise untersucht, und das Ergebnis läßt auf 10-Monohydroxystearinsäure schließen. Elementaranalyse ergab 72% C, 12% H und 16% O, der Schmelzpunkt lag zwischen 79,5 und 79,8°C.

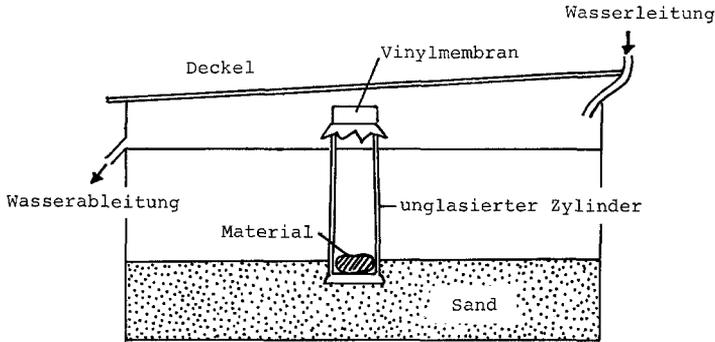


Abb. 1. Künstliche Herstellungsmethode des Leichenwachses

Bakterien in Leichenwachsen

Natürlich darf man annehmen, daß Bakterien und bakterielle Enzyme mit der Leichenwachsbildung zusammenhängen. Im Leichenwachs, das sich im Meerwasser bildete, wurden die Arten *Proteus vulgaris* und *Alcaligenes faecalis* festgestellt. In gipsartig hartem Leichenwachs aus feuchtem Erdboden wurden *Klebsiella*, *Escherichia coli* und *Alcaligenes faecalis* in großen Mengen gefunden. In käseartig weichem, wohl noch nicht ausgereiftem Leichenwachs aus dem Erdboden wurden *Clostridium perfringens* und *Eumycetes* in großer Anzahl beobachtet.

Damit es zur Leichenwachsbildung kommt, muß der Vorgang der Leichenfäulnis an einem Punkt die Richtung ändern. Man darf annehmen, daß bei bestimmten Umweltbedingungen sowie wenigen Fäulnisbakterien, aber anderen Arten von Bakterien antagonistische Einflüsse der Bakterien untereinander und die antibakterielle Funktion von *Eumycetes* und ähnlichen Arten teilweise baktericid bzw. bakteriostatisch wirken.

2. Experimentell hergestellte Leichenwachse

Gemäß dem in Abb. 1 dargestellten Verfahren wurden 10 verschiedene Proben verwendet, von denen 4 verweseten und sich auflösten. Bei frischen Materialien betrug zunächst der Fettsäureanteil bei subcutanem Fett des Menschen 70,1%, bei Rinderfett 62,1%, bei Rindfleisch 16,2% und bei Menschenzunge 0% (Tabellen 6 u. 7). Nach der Entstehung von Leichenwachs belief sich der Fettsäureanteil auf jeweils 66,5, 75,2, 83,7 und 91,4%. Von besonderem Interesse ist dabei die Zunahme von 0 auf 91,4% bei Menschenzunge und von 16,2 auf 83,7% bei Rindfleisch. Dies zeigt, daß sich bei der Leichenwachsbildung Eiweiß in Fett umwandelt. Frische Materialien enthalten selbstverständlich keine Hydroxyfettsäure. Auch in dem später entstandenen Leichenwachs wurde sie nicht gefunden.

Seifenfettsäure fehlt in frischen Materialien, wurde aber in Leichenwachs mit einem Anteil von 0,6 bis 14,1% festgestellt.

Die Fettsäuren waren die gleichen wie bei natürlichem Leichenwachs (s. oben), nämlich vor allem Palmitin-, Stearin-, Olein- und Myristinsäure. Der Sättigungsgrad, d. h. der Anteil gesättigter Fettsäuren an der Gesamtfettsäure, war im Leichenwachs eindeutig höher als in frischen Materialien. Dabei ist besonders interessant, daß bei Leichenwachs aus Menschenzunge mit 91,4% Fettsäure, die hauptsächlich aus Palmitinsäure bestand, der Sättigungsgrad 97% betrug (Tabellen 8—11).

Tabelle 8. Fettsäuren der Fraktion A (%)

Leichenwaxse	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	Sättigungsgrade
1	5,3	40,8	1,4	33,3	19,2	0	79,4
2	4,0	68,6	0	20,3	7,1	0	92,9
4	4,3	46,1	0	33,6	16,0	0	84,0
7	6,5	84,3	0,4	6,2	2,6	0	97,0
8	12,2	62,9	8,4	2,2	14,3	0	77,3
9	0	2,7	0	97,3	0	0	100,0

Tabelle 9. Fettsäuren der Fraktion C (%)

Leichenwaxse	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}
1	4,0	36,9	2,5	39,2	16,9	0,5
2	4,5	61,1	1,5	29,8	3,1	0
4	3,8	44,0	1,8	40,8	9,3	0,3
7	7,8	77,8	1,5	12,3	0,6	0
8	13,4	56,7	8,4	3,8	17,7	0
9	2,8	16,5	0	80,7	0	0

Tabelle 10. Fettsäuren der frischen Materialien als Kontrollversuch (%)

	C _{14:0}	C _{16:0}	C _{16:1}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	Sättigungsgrade
Rindfleisch	3,1	33,5	3,5	22,9	35,2	1,8	59,5
Rinderfett	3,2	25,6	3,9	19,5	46,6	1,3	48,3
Menschliches Unterhautfettgewebe	7,0	25,8	8,0	3,2	44,8	11,2	36,0

Tabelle 11. Die Vergleichen von frischen Materialien und damit hergestellten Leichenwachsen

		Fettsäuregehalt (%)	Seifenfettsäure (%)	Sättigungsgrade
Rindfleisch	Material	16,2	0	59,5
	Leichenwachs	83,7	0,9	92,9
Menschenzunge	Material	0	0	
	Leichenwachs	91,4	11,3	97,0
Rinderfett	Material	62,1	0	48,3
	Leichenwachs	75,2	5,2	79,4
Menschliches Unterhautfettgewebe	Material	70,1	0	36,0
	Leichenwachs	66,5	1,1	77,3

Literatur

- Ascarelli, A.: Histologische Studien und bakteriologische Versuche über Adipocire. Vjschr. gerichtl. Med. **32**, 219 (1906).
- Breed, R. S., Murray, E. G. D., Smith, N. R.: Bergey's manual of determinative bacteriology. Baltimore: Williams & Wilkins 1957.

- Metcalf, L. D., Schmitz, A. A.: The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Analyt. Chem.* **33**, 363—364 (1961).
- Mita, S.: *Tokyo Igakukai Zasshi* **22**, 1049 (1908) (japanisch).
- Mitsuki, K.: Histologische und histochemische Untersuchungen über das Leichenwachs. *Tohoku J. exp. Med.* **76**, 74 (1962).
- Nanikawa, R., Okada, K., Kotoku, S., Yamada, T., Takagi, A., Ueda, M., Namba, H.: Studies on adipocere formation — Microorganismus isolated from natural and experimental adipoceres. *J. Yonago med. Ass.* **15**, 452 (1964) (japanisch mit englischer Zusammenfassung).
- Nanikawa, R., Tawa, N., Saito, K.: Chemical studies on adipocere formation. *Jap. J. Legal Med.* **15**, 258 (1961).
- Prokop, O.: *Forensische Medizin*. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit 1966.
- Ruttan, R. F., Marshall, M. J.: The composition of adipocere. *J. biol. Chem.* **29**, 319 (1917).
- Smith, S., Fiddes, F. S.: *Forensic medicine*. Boston: Little Brown & Company 1955.
- Walcher, K.: Die späteren Leichenveränderungen — Leichenwachs. *Ergebn. allg. Path. Anat.* **33**, 126 (1937).

Prof. Dr. med. R. Nanikawa
Institut für Rechtsmedizin
der Universität
Kanazawa, Japan