

DIE LIPASEAKTIVITÄT DER FINNISCHEN MILCH

ANTTI LUHTALA und MATTI ANTILA

Institut für Milchwirtschaft der Universität Helsinki

Eingegangen am 16. 5. 1968

Die Lipasen und die Lipolyse der Milch sind in den letzten Jahren viel untersucht worden, wie aus der Arbeit von Luhtala und Antila (1968) hervorgeht. Die Lipasen konnten jedoch aus der Milch bisher nicht so rein isoliert werden, dass man ihre Eigenschaften im Bezug auf den Vorgang der Lipolyse in der Milch in allen Einzelheiten kennen würde. Enzymologische Untersuchungen betreffend der Milchlipasen sind heute in vielen Ländern intensiv im Gange.

ANTILA und HIETARANTA (1957) haben über die Milchlipasen und die durch sie verursachten technischen Probleme berichtet, sowie einige in Finnland aufgetretene Schwierigkeiten angeführt. Nach dieser Zeit sind die Produktionsverhältnisse für die Milch, die Behandlungsweisen und die technologischen Massnahmen stark entwickelt worden. Die Lipasen und die Lipolyse der Milch bilden jedoch weiterhin einen interessanten Problemkomplex, sowohl betreffend der Ausnutzung der Lipasen als auch wegen der durch sie verursachten Schäden.

LUHTALA et al. (1968) haben grundlegende Beobachtungen über die Lipaseaktivität der finnischen Milch veröffentlicht.

Sie haben für diese Untersuchung die von PARRY et al. (1966) entwickelte Methode modifiziert und sie zur Bestimmung der Lipaseaktivität der Milch von einzelnen Kühen gebraucht. Diese grundlegenden Beobachtungen sind in vorliegender Arbeit ergänzt worden, um ein allgemeines Bild der Lipaseaktivität der finnischen Milch zu erhalten. In der Literatur finden sich zahlreiche Angaben über die Faktoren, welche auf die Lipaseaktivität der Milch einwirken. Die Bedeutung dieser Faktoren wurden für die finnischen Verhältnisse getestet, um für die Praxis einen Ausgangspunkt für eine eventuelle Beeinflussung der Lipaseaktivität der Milch zu finden.

Material und Methoden

Bei Untersuchung der Milch von einzelnen Kühen wurden die Proben hauptsächlich aus der Mischmilch des Versuchsgutes Viikki der Universität Helsinki entnommen. Die Milch von 48 Kühen wurde hierbei während der verschiedenen Jahreszeiten und zu

verschiedenen Phasen der Laktationsperiode untersucht. Die Produktionsart, die Fütterung und die eventuellen Krankheiten der Tiere wurden ebenfalls beachtet. Bei Untersuchung der Milch von verschiedenen Herden kamen die Proben von der Staatlichen Versuchsanstalt für Milchprodukte in Jokioinen und vom Einzugsgebiet der Genossenschaftsmolkerei in Kuopio.

Die Entnahme der Milchproben geschah unmittelbar nach dem Melken und die Proben wurden auf 2—3°C abgekühlt. Die Proben wurden im Dunklen aufbewahrt und möglichst bald nach der Entnahme analysiert.

Das untersuchte Butterfett entsprach weitgehend dem durchschnittlichen finnischen Butterfett, dessen Fettsäurezusammensetzung, Schmelz- und Kristallisationseigenschaften ANTILA (1966) untersucht hat.

Die bei der Durchführung dieser Arbeit gebrauchte Methodik ist durchweg die gleiche gewesen, wie LUHTALA und ANTILA (1968) gebraucht haben.

Tabelle 1. Die Lipaseaktivität der Milch von Kühen des Versuchsgutes Viikki am 28. 10. 1967.

Probe nr	Lipase-akt.	Probe nr	Lipase-akt.	Probe nr	Lipase-akt.	Probe nr	Lipase-akt.
1	1.044	13	0,943	25	1.193	37	1.075
2	1.019	14	0.830	26	0.888	38	0.425
3	1.844	15	0.905	27	1.150	39	1.088
4	0.819	16	1.093	28	0.525	40	1.220
5	1.344	17	1.268	29	0.400	41	1.070
6	1.019	18	1.242	30	1.838	42	1.208
7	1.544	19	1.443	31	1.200	43	1.142
8	1.094	20	1.192	32	1.075	44	0.358
9	1.494	21	1.018	33	1.500	45	1.920
10	1.444	22	0.767	34	0.887	46	1.358
11	0.769	23	1.292	35	1.375	47	0.595
12	0.944	24	1.292	36	1.063	48	0.770
				Durchschnitt	1.125		
				Höchster Wert	1.920		
				Niedrigster Wert	0.358		

Resultate und Besprechung

Die Lipaseaktivität der Milch der einzelnen Kühe geht aus Tabelle 1 hervor. Die Tabelle zeigt, dass die Lipaseaktivität in der Milch der einzelnen Kühe sehr verschieden ist. In den Milchproben, die Ende Oktober aus der Milch von einzelnen Kühen der Herde des Versuchsgutes der Universität, Viikki, entnommen wurden, wechselte die Lipaseaktivität zwischen 0.358 und 1.920 Enzymeinheiten. Die Kühe, deren Milch eine hohe Lipaseaktivität aufweist, produzieren diese aktive Milch normalerweise immer, ebenso anhaltend ist eine niedrige Lipaseaktivität in der Milch von Kühen, welche diese Anlage haben. Dieses ist aus Tabelle 2 ersichtlich, in der die Resultate von Lipaseaktivitätsbe-

Tabelle 2. Die Beständigkeit des Lipaseaktivitätsniveaus in der Milch einzelner Kühe.

Kuh nr	Lipaseaktivität zu verschiedenen Zeitpunkten	
	27.—31. 10. 1967	13.—14. 3. 1968
1	1.844	1.922
2	1.500	1.405
3	1.494	1.305
4	1.443	1.530
5	1.150	0.833
6	1.044	1.033
7	0.770	0.608
8	0.767	0.830
9	0.525	0.830
10	0.944	0.420

Tabelle 3. Der Unterschied in der Lipaseaktivität der Milch der gleichen Kühe im Normalzustand und bei Krankheit oder sonstigen Störungen.

Kuh nr	Normalmilch Lip. Akt.	pH	Milch. während Lip. Akt.	Krankheit pH	Bemerkungen
1	1.838	6.80	0.385	7.25	Geimpft (Salmonella)
2	1.793	6.61	0.358	7.23	Mastitis
3	1.118	6.63	0.425	7.02	Streptokokken in der Milch
4	0.770	6.98	0.125	7.33	1 Tag trocken vor Entnahme der Probe

stimmungen aus der Milch von 10 Kühen angeführt sind. Die Proben wurden von Oktober bis zum März des darauffolgenden Jahres entnommen. Erkrankung der Kuh, Impfung und verringerte Milchproduktion zu Ende der Laktationsperiode verursachen Veränderungen in dem Lipaseaktivitätsniveau der Milch (Tabelle 3). Die Lipaseaktivität sinkt in allen diesen Fälle. Gleichzeitig ist eine deutliche Steigerung des pH-Wertes festzustellen.

Im Zusammenhang mit dieser Untersuchung wurden keine umfassenden Beobachtungen über das Verhältnis des pH:s der Milch und der Lipaseaktivität gemacht, jedoch konnte festgestellt werden, dass die Lipaseaktivität im allgemeinen abnimmt, wenn das pH der Milch in das Basische umschlägt.

Zwischen dem Fettgehalt der Milch der einzelnen Kühe in der Herde des Versuchsgutes Viikki und ihrer Lipaseaktivität besteht kein deutliches Abhängigkeitsverhältnis, wie Abbildung 1 zeigt. Auch zwischen der jährlichen Fettproduktion und der Lipaseaktivität der Milch ist keine deutliche Abhängigkeit festzustellen. Zwischen der Milchmenge am Tage der Analyse, der Milchproduktion und der Lipaseaktivität der Milch besteht auch kein direktes Verhältnis, wie Abbildung 2 zeigt. Auch zwischen der Höhe der jährlichen Milchproduktion und dem Lipaseaktivitätsniveau der Milch konnte kein Zusammenhang festgestellt werden.

Tabelle 4. Die Lipaseaktivität der Milch von Kühen der verschiedenen Fütterungsklassen.

Fütterungsklasse	Anzahl der Kühe	Lipaseaktivität	
		Durchschnitt	Variation
VII	4	0.699	0.358—1.093
VIII	6	0.965	0.425—1.544
IX	12	1.203	0.770—1.920
X	8	1.149	0.943—1.494
XI	16	1.177	0.400—1.838
XII	2	1.005	0.767—1.242

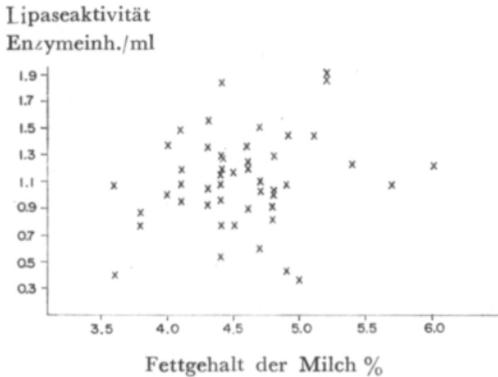


Abbildung 1. Die Einwirkung des Fettgehaltes der Milch auf die Lipaseaktivität.



Abbildung 2. Die Einwirkung der Milchproduktion am Tage der Messung auf die Lipaseaktivität.

Die Kühe der Herde des Versuchsgutes Viikki wurden nach ihren Fütterungsklassen (Tabelle 4) in 6 Grubben eingeteilt. Bei Betrachtung der Lipaseaktivität der Milch, die von den Kühen der verschiedenen Gruppen produziert wurde, konnten keine solchen systematischen Unterschiede festgestellt werden, die beweisen würden, dass die Fütterung Einfluss auf die Lipaseaktivität der Milch hätte. Diese Auffassung wird durch die Angaben in Tabelle 5 unterstützt, welche die Veränderungen in der Lipaseaktivität der Milch angeben, wenn den Kühen zuzüglich ihres normalen Futters Fettsäuren des Tallöles in Portionen verfüttert wurden, welche die Jodzahl der Milch mit ca 3 Jodzahleinheiten erhöht. Die Lipaseaktivität der Milch blieb praktisch unverändert auf dem Niveau vor der Fettsäurenfütterung.

Bei Untersuchung der Veränderungen der Lipaseaktivität bei verschiedenen Lagerungstemperaturen wurde Mischmilch gebraucht, deren Lipaseaktivitätsniveau in den verschiedenen Versuchsserien verschieden gewesen war. Die Resultate, welche die Veränderungen in der Lipaseaktivität der Milch bei verschiedenen Temperaturen und Aufbewahrungszeiten zeigen, sind in Tabelle 6 ersichtlich.

Die Tabelle 6 zeigt, dass die Lipaseaktivität in Milch, deren Lipaseaktivitätsniveau höher ist, relativ und absolut in allen untersuchten Proben höher blieb, als in Milch, deren Lipaseaktivitätsniveau niedriger ist. Die Lipaseaktivität blieb in Milch besser erhalten,

Tabelle 5. Der Einfluss der Fütterung von Fettsäuren des Tallöles auf die Lipaseaktivität der Milch.

Serie	Vor der Fütterung	Während der Fütterung		Nach der Fütterung			
		1 Tag	2 Tage	1 Tag	2 Tage	3 Tage	4 Tage
I Lipaseaktivität	1.168	1.112	1.044	1.194	1.200	1.158	1.194
Jodzahl	33.63	36.49	36.07	37.28	36.96	36.64	35.94
II Lipaseaktivität	1.081	1.025	1.119	1.080	1.150	1.908	0.906
Jodzahl	32.40	35.15	35.73	36.34	33.78	34.44	33.83

die bei $+3^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt wurde, als in Milch, die bei $+10^{\circ}\text{C}$ oder $+15^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt wurde, aber als die Milch bei $+3^{\circ}\text{C}$ gelagert und dazwischen auf $+10^{\circ}\text{C}$ angewärmt wurde, war die Lipaseaktivität dieser Milch nach 3 Tagen Aufbewahrung bei 3°C die gleiche geblieben, als ob sie die ganze Zeit bei 3°C aufbewahrt worden wäre. Dies bedeutet, dass eine kurzfristige Erwärmung der Milch keinen nennenswerten Einfluss auf die Erhaltung der Lipaseaktivität ausübt. Als die Milch dagegen bei $+37^{\circ}\text{C}$ gelagert wurde, verringerte sich die Lipaseaktivität in 6 Stunden auf die Hälfte der ursprünglichen.

Eine starke Bearbeitung der Milch durch Homogenisierung bei verschiedenen Temperaturen, verringert die Lipaseaktivität. Diese Verringerung der Lipaseaktivität ist

Tabelle 6. Die Verringerung der Lipaseaktivität in Milchproben, deren Aktivität ursprünglich verschieden war während der Aufbewahrung.

Serie	Lipaseaktivität zu Beginn des Versuches	Lagerungstemperatur $^{\circ}\text{C}$	% der ursprünglichen Lipaseaktivität übrig		
			Aufbewahrungszeit		
			1 Tag	2 Tage	3 Tage
I	0.698 =100 %	3	85.7	65.6	58.7
		10	62.3	49.4	37.2
		3 und 10*)	85.7	63.8	58.2
		15	58.7	38.7	37.2
II	1.448 =100 %	3	93.9	91.2	81.8
		10	88.7	72.2	45.8
		3 und 10*)	97.4	92.9	80.1
		15	70.6	58.4	43.5
III	1.010 =100 %	37	t	3 t	6 t
			97.5	72.8	45.5
IV	1.685 =100 %	37			
			95.5	79.2	52.5

x) 3 und 10°C

Die Milch wurde während der Aufbewahrung zweimal am Tag auf $+10^{\circ}\text{C}$ angewärmt und wieder auf $+3^{\circ}\text{C}$ abgekühlt.

Tabelle 7. Die Einwirkung der Homogenisation der Milch auf die Lipaseaktivität bei verschiedenen Temperaturen (4 Proben).

Temperatur der Milch vor der Homogen.	% der ursprünglichen Lipaseaktivität übrig	
	vor der Homogen.	nach der Homogen.
+50°C	100	92.5
+ 3°C	100	88.4

Tabelle 8. Der Einfluss der Rinderrasse auf die Lipaseaktivität.

Rasse	Anzahl der Kühe	Lipaseakt. Durchschnitt	Variations- breite	pH Durch- schn.	pH Variation
Ayrshire	638	1.283	0.635—1.775	6.68	6.60—6.78
Finnische Rasse	52	1.278	0.965—1.775	6.67	6.59—6.71

grösser, wenn die Milch bei +3°C homogenisiert wird, als bei +50°C. Dies beruht darauf, dass die inaktivierende Wirkung der hohen Lagerungstemperatur bei 50°C grösser ist, als die Verringerung der Aktivität durch die mechanische Bearbeitung. Tabelle 7 zeigt jedoch, dass die Veränderung in dem Lipaseaktivitätsniveau, welche durch starke, mechanische Bearbeitung hervorgerufen wird, verhältnismässig klein ist. Dagegen erhöht die Homogenisation des Substrates bedeutend die Geschwindigkeit der Fetthydrolyse.

Bei Untersuchung der Mischmilch der Molkereien konnte festgestellt werden, dass die Lipaseaktivität der Milch der einzelnen Herden im Durchschnitt 1.328 gewesen ist, und die Variation 2.130—0.358. HOMER und VIRTANEN (1968) haben Angaben über die Lipaseaktivität in Milch gemacht, die von Kühen gewonnen wurde, welche mit proteinfreiem Futter gefüttert wurden. Die höchsten gemessenen Lipaseaktivitäten dieser Untersuchung waren sowohl in den Versuchsmilchproben als auch in den Parallelproben unter 1.2 und somit deutlich niedriger als die in vorliegender Arbeit erhaltenen Durchschnittswerte. Die Unterschiede mögen von den verschiedenen Substraten, der Bestimmungstechnik, aber auch von den individuellen Eigenschaften der von HOMER und VIRTANEN gebrauchten Versuchs- und Kontrollkühen herrühren.

Beim Vergleich der Unterschiede in der Lipaseaktivität der Kühe der Finnischen Rasse und der Ayrshirekühe ist festgestellt worden, dass sie von der gleichen Grössenordnung ist (Tabelle 8). In diesem Zusammenhang soll jedoch konstatiert werden, dass man innerhalb von beiden genannten Rassen Herden gefunden hat, deren Milch bedeutend hohe, aber auch solche, die besonders niedrige Lipaseaktivität aufweist. Die Ursachen für diese Unterschiede sind vorerst ungeklärt.

Die untersuchten Herden sind weiter danach in Gruppen eingeteilt worden, mit welcher Melkmethode die Kühe gemolken wurden und so der Einfluss der Melkmaschinen

Tabelle 9. Der Einfluss der Melkmaschinenmarken auf die Lipaseaktivität der Milch.

Melkmaschine	Anzahl der Herden	Anzahl der Kühe	Lipaseakt. Durchschn.	Variationsbreite
Handgemelk	6	41	1.370	0.965—1.665
Alfa Laval	26	260	1.247	0.815—1.600
Benco	6	62	1.423	0.970—1.665
Damalko	5	45	1.317	1.035—1.465
Lacta	27	255	1.317	0.860—2.130
Manus	5	22	1.313	1.160—1.490
Milka	5	30	1.378	1.228—1.540
Myllerup Malker	5	26	1.428	1.215—1.678
Octav Kontrola	3	17	1.428	1.245—1.645
Senior	11	86	1.280	0.635—1.775
Strangko	11	108	1.322	0.970—1.775
Andere	4	49	1.351	1.135—1.565
Total	114	1001	Durchschn. 1.318	0.635—2.130

auf die Lipaseaktivität der Milch untersucht worden. Tabelle 9 enthält die Resultate dieser Versuchsreihe. Man kann feststellen, dass keine der gebrauchten Melkmaschinen einen deutlichen Einfluss auf die Lipaseaktivität der Milch ausübte.

Beim Vergleich der Lipaseaktivität von Milch, die täglich in Kannen und Milch, die in Tanks zur Molkerei transportiert wird, konnte festgestellt werden, dass die Kannenmilch durchschnittlich eine 5—10 % höhere Lipaseaktivität aufweist, als die Tankmilch. Die Menge der freien Fettsäuren war entsprechend in der Tankmilch höher.

Zusammenfassung

Die Arbeit enthält Untersuchungsergebnisse über die Lipaseaktivität der finnischen Milch, die mit der von LUHTALA und ANTILA modifizierten Methode nach Parry et al, erhalten wurden. Die Lipaseaktivität der finnischen Milch ist durchschnittlich 1.328 Enzymeinheiten und die Variationsgrenzen sind 2.130—0.358. Die Lipaseaktivität ist in der Milch der einzelnen Kühe verschieden. Eine Kuh, deren Milch starke Lipaseaktivität aufweist, produziert im allgemeinen dauernd eine solche Milch. Auch Kühe, die Milch mit niedriger Lipaseaktivität produzieren, behalten diese Eigenschaft bei. Erkrankung der Kuh, Impfung und verringerte Milchproduktion zu Ende der Laktationsperiode wirken senkend auf die Lipaseaktivität der Milch. Wenn die Milch bei verschiedenen Temperaturen aufbewahrt wird, erhält sich die Lipaseaktivität total und relativ besser in einer Milch mit ursprünglich höherer Lipaseaktivität als in Milch mit niedriger Lipaseaktivität. Eine kurzfristige Erwärmung der Milch während der Kühlung verursacht keine wesentliche Veränderung in der Lipaseaktivität. Auch ist die Einwirkung einer kräftigen mechanischen Behandlung der Milch auf die Lipaseaktivität gering. Zwischen der Lipaseaktivität der Milch von Kühen der Finnischen Rasse und Kühen der Ayrshirerasse bestehen betreffend der Lipaseaktivität keine Unterschiede. Zehn der in Finnland allgemein gebrauchten Melkmaschinenmarken, welche daraufhin geprüft wurden, verursachten keine deutliche Veränderung der Lipaseaktivität der Milch.

SELOSTUS

SUOMALAISEN MAIDON LIPAASIAKTIIVISUUS

ANTTI LUHTALA ja MATTI ANTILA

Helsingin yliopiston maitotalouslaitos

Työssä esitetään suomalaisen maidon lipaasiaktiivisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä koskevia tutkimustuloksia. Tulokset on saatu Luhtalan ja Antilan modifioimaa PARRY'n ym. (1966) metodikkaa käyttämällä. Suomalaisen maidon lipaasiaktiivisuus on kyseisenä sisäruokintakautena ollut keskimäärin 1,328 ja vaihtelualue 2,130—0,358 entsyymiyksikköä. Lukema tarkoittaa entsyymiyksikköä/1 ml maitoa eli emäksen kulutus mikromoolia/min/ml maitoa. Eri lehmäyksilöiden kesken maidon lipaasiaktiivisuustasossa on huomattavia vaihteluja. Lehmä, jonka maidossa lipaasiaktiivisuus on suuri, tuottaa tämänkaltaista maitoa yleensä koko normaalin lypsykauden ajan. Lehmä, jonka maidossa lipaasiaktiivisuus on alhainen, tuottaa tällaista maitoa niinkään jatkuvasti. Lehmän sairastuminen, rokotus tai lypsyn lopettaminen umpeenmenon takia alentavat maidon lipaasiaktiivisuutta. Jos maitoa säilytetään eri lämpötiloissa, niin lipaasiaktiivisuus säilyy alkujaan suuren aktiivisuuden omaavassa maidossa suhteellisesti ja absoluutisesti paremmin kuin alhaisen lipaasiaktiivisuuden omaavassa maidossa. Maidon lyhytaikainen lämmitys kylmäsäilytyksen välillä ei aiheuta oleellista lipaasiaktiivisuuden muutosta. Niinkään voimakkaan mekaanisen muokkauksen vaikutus maidon lipaasiaktiivisuuteen on vähäinen. Sitä vastoin substraatin homogenointi tai voimakas muokkaus lisää sen hydrolysoitumisnopeutta huomattavasti. Suomessa yleisten karjatorojen, Ayrshire ja Suomen karja, välillä ei ole maidon lipaasiaktiivisuudessa merkittäviä eroja. Kymmenen Suomessa tavallisinta lypsykonetta eivät aiheuta selvästi havaittavaa muutosta maidon lipaasiaktiivisuustasoon, vaikka muussa yhteydessä onkin todettu, että mekaanisesti voimakkaampi lypsytapa lisää maidon solulukua. Lehmän maito- tai rasvatuotos ei ole korrelaatiossa lipaasiaktiivisuuden kanssa. Eri ruokintaluokissa olevien lehmien maitojen lipaasiaktiivisuuksien välillä ei ole havaittu sellaista eroa, että siitä voitaisiin päätellä ruokinnalla olevan merkittävää osuutta lipaasiaktiivisuuden muodostumiseen. Tätä käsitystä vahvistaa koe, jossa lehmille annettiin mäntyöljyn rasvahappoja niin, että maitorasvan jodiluku nousi 3—4 yksikköä, mutta maidon lipaasiaktiivisuus pysyi samalla tasolla.