

Pasteurisation von Milch und Rahm in Mikrowellen-Haushaltsgeräten

Von P. EBERHARD, W. STRAHM und R. SIEBER

Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Liebefeld-Bern, Schweiz

1. Einleitung

Der Einsatz von Mikrowellen-Geräten im Haushaltsbereich hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Dazu führten Faktoren wie Verkürzung der Kochzeiten, Fast-Food-Trend, zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten (Temperieren, Auftauen), günstiger Anschaffungspreis und einfache Bedienung.

Auch Milch und Milchprodukte lassen sich mit Mikrowellen erhitzen. In der milchwirtschaftlichen Fachliteratur wird jedoch in der Regel lediglich der Pasteurisationseffekt bei konstanten Temperaturen für bestimmte Keimgruppen beschrieben (13). Hinweise darauf, wie die Temperaturbestimmung vorgenommen wurde, fehlen jedoch meistens. Auch sind bei den küchentechnischen Anwendungen keine Grundlagen zur Beurteilung des Pasteurisationseffektes vorhanden.

Da Mikrowellen eine geringe Eindringtiefe in Lebensmittel aufweisen (3), beeinflussen Form und Größe der Gefäße sowie das Volumen die Temperaturbedingungen des zu erwärmenden Produktes. Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, abzuklären, ob Temperaturschichtungen in Mikrowellen-erhitzter Milch vorhanden sind und wieweit sich Mikrowellen-Geräte zur Pasteurisation von Rohmilch und rohem Rahm eignen. Außerdem wurde der Einfluß der Homogenisierung geprüft und die Möglichkeiten der Nacherhitzung von pasteurisierter Milch in Brik-Packungen abgeklärt.

2. Material und Methoden

Mikrowellen-Gerät

Die Versuche wurden mit einem Haushalts-Mikrowellen-Gerät (Electrolux NF 4076, 650 W Ausgangsleistung, Garraum: 34 l, 10 Leistungsstufen) durchgeführt. Dieses Gerät war mit 3 zusätzlichen steckbaren Temperaturfühlern (PT 100) ausgerüstet. Mit Hilfe von 3 Digitalanzeigen konnte über einen angeschlossenen Schreiber der Temperaturverlauf an 3 verschiedenen Orten innerhalb eines Gefäßes aufgezeichnet werden. Die Zusatzeinbauten (Halterungen, Temperatursonden) wurden aus Teflon gefertigt. Aus Metall hergestellt waren lediglich die Fühlerspitzen und die Steckkupplungen. Abb. 1 zeigt den Garraum des Mikrowellen-Gerätes mit den 3 installierten Fühlern.

Produkte und Gefäße

Als Produkte wurden Leitungswasser, unbehandelte und homogenisierte Rohmilch, pasteurisierte Milch aus dem Handel sowie roher Rahm mit 35 % Fett verwendet. In Tab. 1 sind die verwendeten Versuchsgefäße aufgeführt. In diesen wurden die Meßsonden je 1 cm unter der Oberfläche und über dem Gefäßboden sowie bei der mittleren Füllhöhe plaziert.

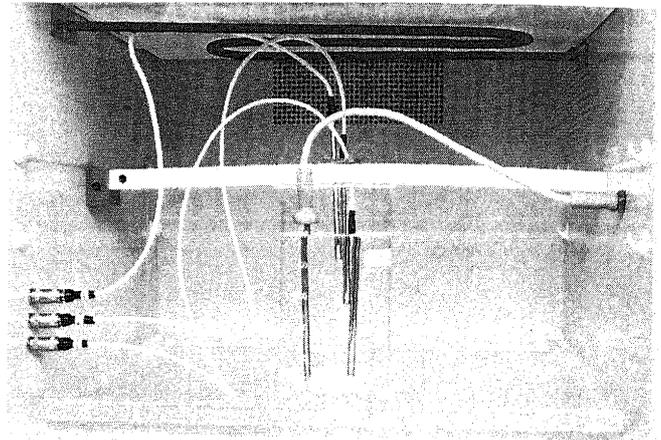


Abb. 1: Garraum des Mikrowellen-Ofens

Tab. 1: Zur Mikrowellen-Erhitzung verwendete Gefäße

Gefäß	Inhalt ml	Durchmesser mm	Höhe mm
Becherglas	900 und 1800	90/125	140/145
Glasflasche	1000	90	145
Serumflasche	250	55	100
Erlenmeyer	250 und 500		
Teetasse	250	70	65

Meßbedingungen

In der Mitte der Gefäße wurde eine Temperatur von 78 °C vorgegeben und dazu die Leistungsstufen 5 und 8 verwendet. Der Temperaturverlauf wurde an den 3 Meßstellen (oben, Mitte, unten) mit Hilfe eines Schreibers aufgezeichnet. Bestimmt wurden die Aufheizzeit bis zur vorgegebenen Temperatur von 78 °C in der Mitte der Gefäße sowie die Endtemperaturen und die Verweilzeit bei 100 °C an der Oberfläche.

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche konzentrierten sich auf die Temperatur/Zeit-Bedingungen in Abhängigkeit der Gefäßgeometrie, da Untersuchungen über das Verhalten der Bakterien gegenüber einer Mikrowellen-Pasteurisation bereits existieren.

Wasser

Mikrowellen zeichnen sich durch eine geringe Eindringtiefe aus (3). Deshalb ist der Temperaturverlauf bei der Mikrowellen-Erhitzung von Lebensmitteln von

Tab. 2: Mikrowellen-Erhitzung von Wasser, roher und pasteurisierter Milch sowie Rahm in verschiedenen Gefäßen

Gefäß	Inhalt ml	Leistungsstufe	Wasser				Rohmilch					Pasteurisierte Milch					Rahm				
			Temp. (°C)			Zeit	Temp. (°C)			Zeit	Zeit	Temp. (°C)			Zeit	Zeit	Temp. (°C)			Zeit	Zeit
			O	M	U	Total	O	M	U	Total	K.O.	O	M	U	Total	K.O.	O	M	U	Total	K.O.
Becherglas	1800	5	83	78	75	22'00"	100	77	76	28'30"	9'30"	100	77	76	30'00"	6'00"	100	78	73	17'30"	2'00"
Becherglas	1800	8	86	78	73	15'00"	100	77	76	17'00"	3'00"	100	77	76	17'00"	3'00"	100	78	74	12'00"	4'00"
Becherglas	900	8	87	78	76	7'30"	100	78	77	8'00"	1'00"	100	77	77	10'00"	6'00"	100	78	75	6'30"	2'00"
Flasche	1000	5	80	76	70	13'30"	99	78	77	18'00"	5'30"	86	76	75	17'00"		100	78	74	15'00"	1'00"
Flasche	1000	8	86	78	76	9'00"	100	78	77	12'00"	4'00"	100	79	78	10'00"	2'30"					
Flasche	250	8	91	78	73	2'30"	100	78	76	4'10"	2'10"	100	78	78	3'00"	1'20"	100	78	75	2'20"	0'40"
Erlenmeyer	500	8	89	78	70	4'15"	100	80	71	6'00"	3'00"	100	79	76	5'45"	3'00"	100	78	74	4'20"	0'55"
Erlenmeyer	250	8	86	78	62	2'10"	100	78	77	3'10"	1'10"	100	78	78	3'45"	0'40"	100	78	76	3'10"	1'00"
Tasse	250	5	88	78	74	4'00"	100	78	74	4'45"	2'30"	100	78	77	5'15"	1'00"					
Tasse	250	8	84	78	76	2'00"	100	78	75	3'00"	1'15"	100	79	77	3'20"	1'30"					

O = Fühler an der Oberfläche M = Fühler Mitte U = Fühler unten
 K.O. = Kochen an der Oberfläche Zeitangaben: ' = min; " = sec

Tab. 3: Vergleich der bisher durchgeführten Studien zur Mikrowellen-Erhitzung von Milch

Milch	Gefäß	Menge ml	Leistungsabgabe	Anzahl der Sonden	Meßort cm	Bedingungen Temp. °C	Zeit sec	Anwendung	Literatur
Rohmilch	Glaseröhren	16	2450 MHz	kA	—	79/89	12/14	Keimabtötung	(5)
Pasteurisierte Milch	kA	200	2450 MHz	kA	kA	60	120	Keimabtötung	(1)
Rohmilch	1 l-Becher	400	2450 MHz 700 W	1	kA	65	1800	Keimabtötung	(10)
Dampf-behandelte Milch	125 ml-Erlenmeyer	76	700 W	kA	kA	73 78 75	60 65 80	Abtötung von inokulierten Keimen	(8)
Rohmilch	0,9 l-Glas	450 600	550 W 700 W		kA	69 67,5-71,5	300 270	Ermittlung Zeit/Temp.	(8)
Rohmilch	kA	50	2450 MHz	kA	kA	kA	0-90	Keimabtötung	(14)
Frauenmilch	kA	30	700 W	kA	kA	64	50	Keimabtötung, IgA	(12)
Ziegenmilch roh	3 l-Becher	2600	450 W	1	8-10	65	1800	Keimabtötung	(15)
Büffelmilch	100 ml-Flasche	50	2400 W	kA	kA	86 98	120 150	Keimabtötung, Molkenproteine	(4)

kA = keine Angaben

der Gefäßgeometrie, vom Produktvolumen und von der Leistungsstufe des Gerätes abhängig. Je höher das Gefäß bei gleichem Volumen ist, desto später wird eine vorgegebene Temperatur erreicht, wie dies das Beispiel der Wassererhitzung zeigte (Tab. 2). Auch ließ sich in jedem Falle eine Temperaturschichtung innerhalb der Gefäße feststellen. Höhere Leistungsstufen führten zudem zu einer entsprechend schnelleren Erhitzung der obersten Schicht, verstärkten aber nicht unbedingt die Temperaturunterschiede.

Milch

Tab. 3 gibt eine Übersicht über die von anderen Autoren bereits veröffentlichten Ergebnisse, vor allem

hinsichtlich der Abtötung von in der Milch vorhandenen Keimen. Zum Teil konnten Keimreduktionen bis zu 99,99 % erreicht werden (13). Mit der kontinuierlichen Mikrowellen-Erhitzung befaßten sich JAYNES (7) sowie HAMID *et al.* (5). Letztere führten wie auch andere Autoren (1, 4, 8, 10, 13, 14) die Erhitzung in Gefäßen unterschiedlicher Größe durch. Die Anzahl der Sonden beschränkte sich meist auf ein Exemplar, über deren Platzierung im Gefäß mit einer Ausnahme (15) keine Angaben gemacht wurden.

Die Mikrowellen-Erhitzung von Milch beanspruchte unter identischen Bedingungen mehr Zeit als diejenige von Wasser (Tab. 2). Dies dürfte auf das Vorhandensein von Mineralstoffen in der Milch zurückzuführen sein. So erforderte eine physiologische Kochsalz-

lösung im Vergleich zu Wasser ungefähr 2 min länger, bis die vorgegebene Temperatur von 78 °C erreicht wurde. Dies bestätigte sich bei der Mikrowellen-Erhitzung von Kartoffelpüree mit unterschiedlichen Ionenkonzentrationen (2). Auch war in der Milch die Temperaturschichtung wesentlich größer als in Wasser. Das Kochen an der Oberfläche war deutlich vor Erreichen von 78 °C in der Gefäßmitte festzustellen. In diesem Zeitpunkt lag die Temperatur unten und in der Mitte eines Becherglases von 900 ml erst bei knapp 50 °C (Abb. 2). In Tab. 2 sind auch die Zeiten angegeben, bei denen ein Kochen an der Oberfläche festgestellt wurde. Da ein Rühren der Milch während der Mikrowellen-Behandlung nicht möglich ist, wird die oberste Schicht immer überhitzt. Eine entsprechende Molkenproteindenaturierung in den obersten 10 mm sowie eine Hautbildung an der Oberfläche waren deshalb beim Erreichen der vorgegebenen Temperatur von 78 °C (Mitte Gefäß) festzustellen. Entsprechende Beobachtungen wurden auch mit nichtthermischen Effekten der Mikrowellen-Erhitzung in Zusammenhang gebracht (6). Die hier beobachteten Veränderungen sind jedoch auf die durch die geringe Eindringtiefe der Mikrowellen (3) bedingte örtliche Überhitzung zurückzuführen. MERIN und ROSENBERG (10) haben im Vergleich zur Dauer-Pasteurisation (65 °C, 30 min) bei den gleichen Bedingungen in der Mikrowellen-behandelten Milch eine stärkere Molkenproteindenaturierung festgestellt. Diese Pasteurisationsbedingungen treffen bei der Verwendung des Mikrowellen-Gerätes im Haushalt jedoch praktisch nie zu, da das Ziel des Mikrowellen-Einsatzes eine schnelle Erhitzung ist.

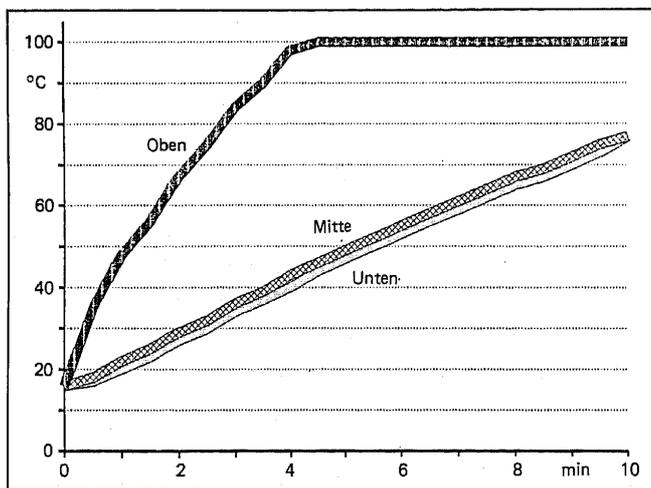


Abb. 2: Temperaturverlauf in Rohmilch (Becherglas: 900 ml, Temperatureinstellung in der Mitte des Gefäßes: 78 °C)

Zur Frage, ob das Mikrowellen-Gerät zur Kurzzeit-Pasteurisation der Milch herangezogen werden kann, wurden in einem 1 l-Becherglas, gefüllt mit 400 ml Milch, die Temperatur oben bzw. unten auf 72 °C vorgegeben und dann die Zeit abgewartet, bis ein Temperaturengleich stattgefunden hatte. Dabei erwies sich im ersten Falle die Pasteurisation der Milch als ungenügend (Tab. 4). Im zweiten Falle konnte eine Pasteurisation der Milch erreicht werden (Abb. 3). Ent-

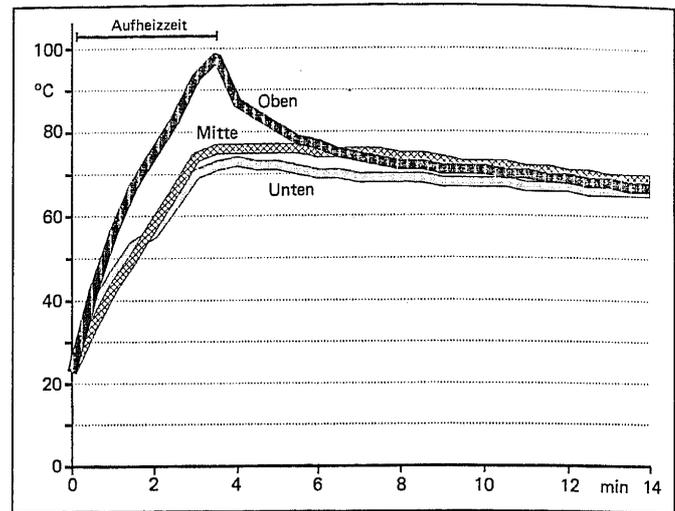


Abb. 3: Temperaturverlauf in 400 ml Milch bei einer vorgegebenen Temperatur von 72 °C in der Mitte des Becherglases

sprechend der relativ langen Verweilzeit verstärkte sich die Molkenproteindenaturierung (Tab. 4). Für das Erreichen einer vorgegebenen Temperatur lagen die Zeiten bei roher und pasteurisierter Milch in der gleichen Größenordnung (Tab. 2).

Tab. 4: Mikrowellenerhitzung von 400 ml Rohmilch

	Fühler oben 72 °C		Fühler Mitte 72 °C	
Leistungsstufe	5	8	5	8
Heizzeit bis 72 °C (' = min; " = sec)	3'50"	1'50"	5'15"	3'30"
Temperatur oben (°C)	72	72	89	98
Temperatur Mitte (°C)	60	47	73	76
Temperatur unten (°C)	57	44	70	72
Zeit bis zum Temperaturengleich (' = min)	8'	11'	13'	14'
Endtemperatur (± 1 °C)	53	45	63	67
NCN (mmol/kg) nach Temperaturengleich	67	71	53	46
NCN der Rohmilch: 74 mmol/kg				

Die Pasteurisations- und Kochzeiten von homogenisierter und nichthomogenisierter Milch unterscheiden sich nur unbedeutend. Die Gefäßgeometrie, das Füllvolumen und die Schichtdicke haben einen größeren Einfluss als die durch die Homogenisation bewirkte Veränderung der Fettverteilung.

Brik-Packungen platzen bei der Mikrowellen-Erhitzung, wenn die Milch eine Temperatur von ca. 60 °C aufwies, wobei die Temperatur unmittelbar nach dem Herausnehmen der Packung aus dem Gerät gemessen wurde. Die Nachpasteurisation von verschlossenen Brik-Packungen im Mikrowellen-Gerät ist demzufolge nicht möglich.

Rahm

Die Mikrowellen-Erhitzung von Rahm dauerte unter identischen Bedingungen weniger lange als diejenige von Wasser oder von Milch (Tab. 3). Auch waren die Temperaturdifferenzen innerhalb der Gefäße während

der Erhitzung im Vergleich zu Milch ausgeprägter. Durch das Kochen an der Oberfläche bildete sich eine feste Deckschicht, auf welcher zusätzlich ausgeöltes Fett festgestellt wurde.

4. Schlußfolgerungen

Die Gefäßgeometrie, das Füllvolumen und die Schichtdicke beeinflussen wesentlich den Temperaturverlauf innerhalb einer Flüssigkeit, die mit Mikrowellen erhitzt wird. Es ist deshalb zwingend notwendig, bei Versuchen mit Mikrowellen die Größe des verwendeten Gefäßes, das eingesetzte Volumen sowie den Ort des Temperaturfühlers anzugeben. Die Hinweise auf eine Entstehung von nephro-, neuro- und hepatotoxischen D-Aminosäuren nach Mikrowellen-Erhitzung eines Säuglingsmilch-Präparates (9) sind im Hinblick auf obige wie auch auf andere Erkenntnisse (11) zu überprüfen. Dies gilt auch für die Arbeit von SIGMAN *et al.* (12), die den Einfluß der Mikrowellen-Behandlung auf den IgA-Gehalt der Muttermilch untersuchten.

Unsere Versuche haben gezeigt, daß vor allem die Pasteurisation von roher Milch in einem Mikrowellen-Haushaltsgerät problematisch ist. Wird die Temperatur mit einer Sonde gesteuert, die knapp unter der Oberfläche gehalten wird, so ist eine Pasteurisation der Milch bei 72 °C für 15–20 sec unter dem Gesichtspunkt der hygienischen Sicherheit nicht einwandfrei durchführbar, da die Milch unten in den Gefäßen ungenügend erhitzt wird (Tab. 4). Durch Konvektion beim Stehenlassen gleichen sich die Temperaturen zwischen oben und unten zwar aus, erreichen aber nicht die für eine Pasteurisation erforderlichen Werte. Ist aber die Sonde in der Mitte für die Pasteurisationstemperatur ausschlaggebend, so kann die Milch zwar an der Oberfläche übermäßig erhitzt werden, was zu einem verminderten Molkenproteingehalt führt (Tab. 4); sie erreicht aber den für eine Pasteurisation erforderlichen Wert (Abb. 3). Wird das visuell feststellbare Kochen an der Oberfläche als Erhitzungsindikator herangezogen, ist die Pasteurisation der gesamten Milchmenge nicht gewährleistet (siehe Abb. 2). Für die Rohmilchverarbeitung im Haushalt ist deshalb das Aufkochen mit konventionellen Heizgeräten vorzuziehen, wenn eine sichere Abtötung der eventuell in der Milch vorhandenen pathogenen Keime erreicht werden soll. Wird ein Mikrowellen-Gerät zur Pasteurisation von Milch verwendet, sollte dagegen sehr genau auf entsprechende Heißhaltezeiten geachtet werden, wobei eine starke thermische Belastung in Kauf zu nehmen ist. Da Mikrowellen-Geräte in der Regel keine Temperatursonden aufweisen, ist die Einhaltung dieser Bedingung schwierig.

Für die Erwärmung pasteurisierter Milch kann das Mikrowellen-Gerät eingesetzt werden. Dazu sind Gefäße mit möglichst großem Durchmesser (geringe Füllhöhe) zu empfehlen. Die Erhitzung mit tieferer Leistungsstufe dauert zwar länger, die Milch wird jedoch gleichmäßiger erwärmt.

Auch roher Rahm sollte nicht in Mikrowellen-Geräten pasteurisiert werden. Aufgrund der zu großen Temperaturschichtung innerhalb der Gefäße ist mit einer starken Überhitzung der sich bildenden Deckschicht zu rechnen und eine Fettschädigung zu erwarten.

5. Literatur

- (1) CHIU, C.P., TATEISHI, K., KOSIKOWSKI, F.V., ARMBRUSTER, G.: *J. Microwave Power* 19 269–272 (1984)
- (2) DEALLER, S.F., LACEY, R.W.: *Nature* 344 496 (1990)
- (3) DECAREAU, R.V., PETERSON, R.A.: *Microwave Processing and Engineering*. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim (1986)
- (4) EL-SHIBINY, S., SABOUR, M.M., EL-ALAMI, H.A., ALAM, S.: *Egypt. J. Dairy Sci.* 10 29–34 (1982)
- (5) HAMID, M.A.K., BOULANDER, R.J., TONG, S.C., GALLOP, R.A., PEREIRA, R.R.: *J. Microwave Power* 4 272–275 (1969)
- (6) HERTEL, H.U.: *J. Franz Weber* 18–20 (8) (1989)
- (7) JAYNES, H.O.: *J. Milk Food Technol.* 38 286–287 (1975)
- (8) KNUTSON, K.M., MARTH, E.H., WAGNER, M.K.: *J. Food Prot.* 51 715–719 (1988)
- (9) LUBEC, G., WOLF, C., BARTOSCH, B.: *Lancet II* 1392–1393 (1989)
- (10) MERIN, U., ROSENTHAL, I.: *Milchwissenschaft* 39 643–644 (1984)
- (11) SEGAL, W.: *Lancet* 335 470 (1990)
- (12) SIGMAN, M., BURKE, K.I., SWARNER, O.W., SHAVLIK, G.W.: *J. Am. Diet. Ass.* 89 690–692 (1989)
- (13) SIEBER, R., EBERHARD, P., RÜEGG, M.: *Lebensmittel-Technologie* 22 198–204 (1989)
- (14) STEARNS, G., VASAVADA, P.C.: *J. Food Prot.* 49 853 (1986)
- (15) THOMPSON, J.S., THOMPSON, A.: *Int. J. Food Microbiol.* 10 59–64 (1990)

6. Zusammenfassung

EBERHARD, P., STRAHM, W., SIEBER, R.: *Pasteurisation von Milch und Rahm in Mikrowellen-Haushaltsgeräten*. *Milchwissenschaft* 45 (12) 768–771 (1990).

31 Milcherhitzung (Mikrowellen)

Bei der Mikrowellen-Erhitzung von Milch zeigt sich in Abhängigkeit von den verwendeten Gefäßen eine deutliche Temperaturschichtung. Für eine einwandfreie und produkt-schonende Pasteurisation von Milch und Rahm eignen sich Mikrowellen-Geräte nur bedingt; sie können jedoch für das Erwärmen von pasteurisierter Milch verwendet werden.

EBERHARD, P., STRAHM, W., SIEBER, R.: *Microwave home pasteurization of milk and cream*. *Milchwissenschaft* 45 (12) 768–771 (1990).

31 Heat treatment of milk (microwaves)

In dependence of the used jars microwave heating of milk shows distinctive temperature layers. For an unobjectionable and gentle pasteurization of milk and cream microwave ovens are only relatively qualified. They can, however, be used for heating pasteurized milk.

EBERHARD, P., STRAHM, W., SIEBER, R.: *Pasteurisation du lait et de la crème à l'aide de fours microondes ménagers*. *Milchwissenschaft* 45 (12) 768–771 (1990).

31 Chauffage de lait (microondes)

EBERHARD, P., STRAHM, W., SIEBER, R.: *Tratamiento de leche y nata con microondas*. *Milchwissenschaft* 45 (12) 768–771 (1990).

31 Tratamiento térmico de leche (microondas)