

## **Chemische und mikrobiologische Untersuchungen an mikrowellenbehandelter Milch**

**S. Demel, I. Steiner, J. Washüttl und G. Kroyer**

Institut für Lebensmittelchemie und -technologie der Technischen Universität Wien (Österreich)

*Zusammenfassung:* Pasteurisierte Vollmilch wurde 2,5 Minuten lang mit Mikrowellen behandelt (2450 MHz, 650 W). Chemische Zusammensetzung (Vitamin A,  $\beta$ -Carotin, Vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, E), Enzymaktivitäten von Peroxidase, Xanthinoxidase; Gesamtfettbestimmung, Peroxidgehalt des Fetts, Trockensubstanz, Rohprotein, Gesamtkeimzahl und Lagerfähigkeit wurden im Vergleich zu unbehandelter Milch untersucht. Die chemischen Analysen zeigten, daß bei der Mikrowellenbehandlung in erster Linie der Gehalt an Ascorbinsäure (Abnahme um 36 %) und  $\alpha$ -Tocopherol (Abnahme um 17 %) negativ beeinflusst wird, während andere chemische Parameter sowie Geruch und Geschmack nahezu unverändert bleiben. Die Gesamtkeimzahl konnte von etwa  $10^4$ /ml auf  $10^2$ /ml verringert werden. Unbehandelte Milch wies nach 10tägiger Lagerung bei 8°C einen Keimgehalt von  $10^7$ /ml auf und schmeckte zudem auch schon deutlich sauer, während in mikrowellenbehandelter Milch nach 14 Tagen nur  $10^4$  Keime/ml vorhanden waren und auch keinerlei sensorische Veränderungen bemerkt werden konnten.

*Summary:* Pasteurized milk was treated with microwaves for 2.5 minutes (2450 MHz, 650 W). Important chemical components (vitamin A,  $\beta$ -carotin, vitamins B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C, E; activity of peroxidase, xanthinoxidase; content of fat and peroxides, percentage of solids, content of raw protein, content of all microorganisms and storage stability) were examined. Ascorbic acid (reduction of 36 %) and  $\alpha$ -tocopherol (reduction of 17 %) were influenced by microwave treatment, whereas other chemical parameters, odor and flavor remained unchanged. The content of microorganisms was reduced from about  $10^4$  to  $10^2$  per milliliter. Untreated milk had a content of  $10^7$  microorganisms per milliliter after 10 days storage at 8°C and a taste of acidity, whereas in milk treated with microwaves only  $10^4$  microorganisms per ml were identified and no organoleptic changes could be observed after 14 days storage at 8°C.

*Schlüsselwörter:* Milch, Mikrowellen, Gesamtkeimzahlen, chemische Inhaltsstoffe, Lagerfähigkeit

*Key words:* milk, microwaves, content of microorganisms, chemical components, storage stability

### **Einleitung**

Die Mikroorganismenflora von Milch ist aufgrund ihres reichhaltigen Nährstoffangebotes und ihres optimalen pH-Wertes äußerst vielfältig. Außerdem gibt es viele Möglichkeiten der Kontamination, wodurch Milch

zu den am schnellsten verderbenden Lebensmitteln zählt. Zur Haltbarmachung von Rohmilch werden eine Reihe von Milchbehandlungsverfahren wie Pasteurisieren und Sterilisieren angewendet; auch die Mikrowellenbehandlung wurde bereits eingesetzt (3, 5, 6, 8), konnte sich jedoch aus Kostengründen bis jetzt nicht durchsetzen. Andererseits hat die Mikrowellenerhitzung im Haushalt in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Es war daher naheliegend, zu testen, welchen Einfluß eine haushaltsmäßige Erhitzung von Milch im Mikrowellengerät auf die Milchqualität ausübt. Neben organoleptischen Tests waren daher mikrobiologische (Gesamtkeimzahlbestimmung) und verschiedene chemische Untersuchungen (Vitamin A,  $\beta$ -Carotin,  $\alpha$ -Tocopherol, Thiamin, Riboflavin, L-Ascorbinsäure; Enzymaktivität von Peroxidase, Xanthinoxidase; Fettbestimmung, Bestimmung der Peroxidzahl des Milchfetts; Gehalt an Trockensubstanz und Bestimmung des Rohproteinanteils der Milch) notwendig.

## Methodik

Alle Versuche wurden dreifach mit handelsüblicher, pasteurisierter Vollmilch durchgeführt. Die Milch wurde jeweils am Tag der Verwendung gekauft. Baby-milch wurde aufgrund der reduzierten Keimzahl nicht verwendet. Die Mikrowellenbehandlung von 200 ml Milch erfolgte in einem haushaltsüblichen Mikrowellenherd der Fa. Sharp (Modell R-6000) mit Drehteller (Frequenz 2450 MHz, Leistungsabgabe 650 W, Umdrehungszahl des Drehtellers 6 U/min) in speziellem Mikrowellengeschirr aus Kunststoff der Marke VITRI „micro-dur 2000“ mit 500 ml Fassungsvermögen.

Die Mikrowellenbehandlung erfolgte zwischen einer und drei Minuten, wobei sofort nach Ende des Erhitzens die Temperatur der Milch gemessen wurde. Die 2,5 Minuten lang im Mikrowellenherd erhitzte Milch wurde in sterilen Flaschen im Kühlschrank bis zu vierzehn Tage aufbewahrt. In regelmäßigen Abständen wurden Geruch, Geschmack, Konsistenz und Gesamtkeimzahl überprüft. In gleicher Weise wurde mit unbehandelter Milch verfahren. Zur Ermittlung der Gesamtkeimzahl in der Milch diente Plate-Count-Agar der Firma Oxoid als Nährmedium für das Kochsche Plattengußverfahren. Bebrütet wurde 72 h bei 30 °C. Es wurden jeweils mehrere Verdünnungsstufen in zwei Ansätzen mikrobiologisch untersucht und die Kolonien mit Hilfe einer Lupe ausgezählt. Die chemischen Untersuchungen wurden jeweils dreifach an unbehandelter, mikrowellenerhitzter (2,5 Minuten) und teilweise auch an nach der Mikrowellenbehandlung gelagerter Milch vorgenommen. Die Verseifung des Fetts und die Extraktion von Vitamin A und  $\beta$ -Carotin erfolgten nach (4), die quantitative Bestimmung dünnschichtchromatographisch (9). Bei  $\alpha$ -Tocopherol wurde die Methode nach (7) angewendet, die dünnschichtchromatographische Bestimmung erfolgte nach (9). Thiamin und Riboflavin wurden nach (7) bestimmt, L-Ascorbinsäure mit Hilfe einer Testkombination der Fa. Boehringer Mannheim. Die Peroxidase-Aktivität wurde nach (7) ermittelt, die Xanthinoxidase nach (1). Die gravimetrische Fettbestimmung, die Bestimmung der Peroxidzahl, der Trockensubstanz und des Rohproteinanteils erfolgten nach den gebräuchlichen Methoden (7).

## Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Arbeiten sind in den Tab. 1–3 zusammengefaßt.

Die bei einer Behandlungszeit von 2,5 min (96 °C) erreichte Reduktion der Lebendkeimzahl von  $10^4$  auf etwa  $10^2$  Keime/ml (das entspricht einer

Tab. 1. Temperatur und Gesamtkeimzahl der Milch nach Mikrowellenbehandlung.

Behandlungsdauer (min)	Temperatur (°C)	Gesamtkeimzahl pro ml Milch ( $\bar{x} \pm S$ )	Abtötung (%)
0,0	20	$1,11 \pm 0,12 \cdot 10^4$	0,0
1,0	51	$7,06 \pm 0,22 \cdot 10^3$	36,4
1,5	69	$5,46 \pm 0,46 \cdot 10^3$	50,8
2,0	83	$3,19 \pm 0,23 \cdot 10^3$	71,3
2,5	96	$2,55 \pm 0,34 \cdot 10^2$	97,7
3,0	Milch kocht über		

Tab. 2. Bestimmung des Keimgehaltes unbehandelter und mikrowellenbehandelter (2,5 min) Milch nach Lagerung.

Lagerzeit (Tage)	Gesamtkeimzahl/ml Milch ( $\bar{x} \pm S$ )	
	unbeh. Milch	mikrowellenbeh. Milch
0	$1,04 \pm 0,10 \cdot 10^4$	$1,93 \pm 0,09 \cdot 10^2$
3	$4,45 \pm 0,04 \cdot 10^5$	$3,16 \pm 0,19 \cdot 10^2$
7	$8,03 \pm 0,56 \cdot 10^5$	$2,14 \pm 0,20 \cdot 10^3$
10	$1,08 \pm 0,12 \cdot 10^5$	$8,90 \pm 0,35 \cdot 10^3$
14	$1,46 \pm 0,74 \cdot 10^7$	$1,67 \pm 0,37 \cdot 10^4$

Tab. 3. Vitamingehalt von unbehandelter und mikrowellenbehandelter Milch ( $\bar{x} \pm S$ ) in  $\mu\text{g/l}$ .

	Vit. A	$\beta$ -Carotin	Vit. B <sub>1</sub> *	Vit. B <sub>2</sub>	Vit. C	Vit. E
unbehandelt	$1480 \pm 10$	$189 \pm 1$	$395 \pm 7$	$1740 \pm 60$	$1290 \pm 40$	$1285 \pm 25$
behandelt	$1430 \pm 20$	$184 \pm 2$	$380 \pm 4$	$1710 \pm 20$	$820 \pm 20$	$1070 \pm 22$

\* freies und gebundenes Thiamin

Abtötung von 97 %) zeigt, daß es durchaus möglich ist, Mikrowellenenergie zur partiellen Entkeimung von Milch zu nutzen.

Beim Lagerversuch zeigte sich, daß die Lagerzeit der Milch durch Erhitzen im Mikrowellenherd um ungefähr sieben Tage verlängert werden kann. Unbehandelte Milch wies nach zehntägiger Lagerung bei 8°C bereits einen Keimgehalt von über  $10^7$  vermehrungsfähiger Keime/ml auf und schmeckte zudem auch schon deutlich sauer. Bei mikrowellenbehandelter Milch hingegen betrug die Lebendkeimzahl nach 10 Tagen knapp unter und nach 14 Tagen etwas über  $10^4$  Keime/ml, was ungefähr jenem Wert entspricht, den frische, pasteurisierte Milch beim Kauf im Supermarkt aufweist. Da nach vierzehntägiger Lagerzeit auch keinerlei Veränderungen der sensorischen Eigenschaften wie etwa säuerlicher, ranziger oder parfümierter Geschmack bemerkbar waren, ist die Qualität der nach Mikrowellenbehandlung gelagerten Milch durchaus mit jener frischer Milch vergleichbar.

Die im Rahmen der chemisch-analytischen Untersuchungen durchgeführten Vitaminbestimmungen zeigten, daß durch Erhitzen im Mikrowellenherd kaum Vitaminverluste zu verzeichnen sind. Lediglich der Vitamin-E-Gehalt wurde um ungefähr 17 % und der Vitamin-C-Gehalt um ungefähr 36 % verringert, wobei diese oxidationsempfindlichen Vitamine bei allen anderen industriellen Entkeimungsverfahren in einem ähnlichen Ausmaß geschädigt werden. Auch beim Abkochen der Milch, einer schon seit langem im Haushalt üblichen Methode zur Keimreduktion (zum Beispiel bei der Säuglingsernährung), treten vergleichsweise größere Vitaminverluste auf. Die Aktivitätsbestimmung von Peroxidase zeigte, daß die Aktivität in pasteurisierter Milch sehr gering ist, bei mikrowellenerhitzter und gelagerter mikrowellenbehandelter Milch wurden noch geringere Aktivitäten festgestellt. Die Abnahme der Aktivität von Xanthinoxidase in mikrowellenbehandelter und in gelagerter mikrowellenbehandelter Milch ist ebenfalls auf Proteindenaturierung zurückzuführen. Gesamtfettgehalt, Trockensubstanz und Rohproteinanteil veränderten sich nur unwesentlich. Peroxide waren im MilCHFett sowohl bei unbehandelter als auch bei mikrowellenbehandelter und 14 Tage gelagerter mikrowellenbehandelter Milch nicht nachweisbar.

Da die Mikrowellenbehandlung weder die sensorischen noch die chemischen Eigenschaften der Milch entscheidend negativ beeinträchtigt, ist dies ein Verfahren, das durchaus zur Keimreduzierung von Milch herangezogen werden könnte. Aus Kostengründen dürfte jedoch die Anwendung vorläufig auf den Haushalt beschränkt bleiben. Aber gerade hier – besonders im Hinblick auf die Bedürfnisse älterer Menschen oder Familien mit Kleinkindern – bietet sich diese Möglichkeit als Ersatz zum Abkochen von Milch an, da sie zeit- und energiesparender und außerdem schonender für die Vitamine ist und heutzutage Mikrowellenherde schon in vielen Haushalten vorhanden sind.

#### Literatur

1. Bergmeyer HU (ed) (1974) Methoden der enzymatischen Analyse. Verlag Chemie, Weinheim
2. Decareau RV and Peterson RA (1986) Microwave Processing and Engineering. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim
3. Fruin JT, Guthertz LS (1982) Survival of bacteria in food cooked by microwave oven, conventional oven and slow cookers. *Journal of Food Protection* 45 (8): 695–698
4. Gstirner F (ed) (1965) Chemisch-physikalische Vitaminbestimmungsmethoden. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart
5. Knutson KM, Marth EH, Wagner MK (1987) Microwave heating of food. *Lebensmittelwissenschaft und -technologie* 20 (3):101–110
6. Rosenberg U, Bögl W (1982) Der Einfluß der Mikrowellenerhitzung auf den Keimgehalt von Lebensmitteln. *Fleischwirtschaft* 62 (9):1182–1187
7. Schormüller J (Hrsg) (1986) Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. III/1. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York
8. Spite GT (1984) Microwave-inactivation of bacterial pathogens in various controlled frozen food compositions and in a commercially available frozen food product. *Journal of Food Protection* 47 (6):458–462

- 
9. Stahl E (Hrsg) (1967) Dünnschichtchromatographie. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York

Eingegangen 30. August 1990

Für die Verfasser:

Dr. Ingrid Steiner, Institut für Lebensmittelchemie und -technologie, Technische Universität Wien, Getreidemarkt 9, 1060 Wien, Österreich