



Doctoral Thesis

Flame sterilization and marketing of milk in 20 litre containers

Author(s):

Kurwijila, Revocatus Lusato

Publication Date:

1986

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000398938> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 8037

Flame Sterilization and Marketing of Milk in 20 litre Containers

A DISSERTATION

submitted to the
**SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH**

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
REVOCATUS LUSATO KURWIJILA
B.Sc. (Agric), M.Sc. (Fd. Sci. & Technol.)
born on 17 December 1950
citizen of Tanzania

Accepted on the recommendation of
Prof. Dr. M.R. Bachmann, examiner
Dr. h.c. W. Schulthess, co-examiner
Dr. H. Weiss, co-examiner

Zürich 1986

ABSTRACT

In developing countries, the production of pasteurized milk in centralized, large scale dairy factories implies the necessary use of refrigeration, the daily haulage of small amounts of raw milk over long distances and the use of expensive single service containers. It is therefore desirable to produce, in small rural dairies, milk products that do not require cooling and market them in reusable containers. These products should have a shelf life of two weeks at ambient temperatures so that milk transport to the retailers is done only once or twice a week.

The purpose of this study was to optimize the operation and field testing of a simple milk flame sterilizer prototype machine. The machine, which is designed to hold two 20 litre stainless cans, was constructed at the Laboratory of Dairy Science, ETH, Zurich. Heat transfer studies showed that a can containing 16 kg water and requiring 69.34 kJ/°C temperature increase, could be heated at the rate of 4.6°C/min using Liquefied Petroleum Gas (LPG) (Butane) at optimal operation conditions with respect to gas flow rate, can rotation and burner placement to can surface. Heat-up rates with biogas were of the order of 2.8 to 3.6 °C/min depending on gas flow rate. LPG was utilized with a thermal efficiency of 30.8% at optimum operation conditions. The efficiency of biogas utilization was 25 to 26%. The thermal efficiency was improved by a further 3 - 4% for biogas and 5 - 6% for LPG when the hot combustion gases were used to generate hot water that was used in preheating milk.

The following process was developed for milk: The cans were filled with 16 kg 2% BF standardized milk. The cans were then brought to 0.5 bar with filtered air then heated to 128°C, held at this temperature for 1½ min, cooled to 115°C, held again for 5 minutes and finally cooled to 50°C by dipping the hot cans in a water tank or by overhead spraying with tap water. This thermal process had an F_0 value of 17.8 minutes and produced a product which could be stored at ambient temperature in a tropical country for a period of two weeks. The milk had an average of 28, 22 and 20 µMol Hydroxymethylfurfural (HMF)/l immediately after sterilization, after one week and two weeks storage at ambient temperature respectively. Loss of available lysine was an average of 7% while that of vitamin B1 was about 14%.

To enable withdrawal of milk from the can without having to open it, the cans were pressurized with air pumped through sterile filter cartridges of 0.2 µm pore size. To ensure uniform dispersion of butterfat, the vending of the unhomogenized milk was done on a frame which made the tilting of the can through 180° necessary before the milk could be withdrawn from the can via a tap. The flame sterilized milk was well liked during consumer acceptability tests carried out in Arusha, Tanzania.

Comparative cost evaluation of hypothetical flame sterilization installations producing 160 to 2000 litres 2% BF milk/d showed that cans constituted 47- 59% and 53 - 69% of the total investment cost for the biogas and LPG system respectively. Cost estimates carried out using assumptions and input/output prices relevant to Tanzania at the time of the study, showed that for production of 2% BF milk and 40% BF cream, flame sterilizer installations of less than 500 l/d were not viable but installations of 1000 to 2000 l/d showed short payback periods of 2.5 to 3.2 and 2.5 to 3.5 years respectively for the biogas and LPG systems. Their processing and marketing costs were found to be comparatively lower than those of existing large scale dairies utilizing local fresh milk but higher than for recombining plants utilizing imported milk solids.

The flame sterilizer system studied therefore offers possibilities of processing milk in rural based, small scale milk processing plants handling between 1000 - 2000 l/d and application of biogas in small scale industry.

Zusammenfassung

Flammensterilisierung und Vermarktung von Milch in 20 Liter Gefässen

In Entwicklungsländern ist die zentralisierte Herstellung von pasteurisierter Milch mit obligatorischer Kühlung, dem täglichen Transport kleiner Mengen Rohmilch über grosse Distanzen und dem Gebrauch teurer Wegwerfpackungen verbunden. Daher ist es wünschenswert, ohne Kühlung haltbare Milchprodukte in kleinen, ländlichen Molkereien herzustellen und unter Verwendung von Mehrwegbehältern zu vermarkten. Bei Umgebungstemperatur sollten diese Milchprodukte zwei Wochen haltbar sein, so dass die Milchtransport zum Detailhandel nur ein bis zweimal pro Woche erfolgen muss.

Ziel und Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war die Optimierung und feldmässige Erprobung einer einfachen Sterilisationsanlage für Milch. Der Prototyp der Anlage besteht aus einem Flammensterilisationsgerät für zwei rostfreie 20 Liter Milchkannen. Die Entwicklung des Gerätes erfolgte am Labor für Milchwissenschaft der ETH-Zürich. Wärmeübertragungsstudien zeigten, dass pro Kanne (Inhalt: 16 kg Wasser) 69,34 kJ/°C erforderlich sind und bei Einsatz von Flaschengas (Butan) mit einer Erhitzungsrate von 4,6°C/min gerechnet werden kann. Voraussetzung dafür sind optimale Betriebsbedingungen bezüglich Gasflussrate, Kannenrotation und Abstand des Gasbrenners von der Kannenoberfläche. Bei Verwendung von Biogas wurden, je nach Gasfluss, Erhitzungsraten von 2,8 - 3,6°C/min erzielt. Der thermische Wirkungsgrad von Flaschengas betrug unter optimalen Betriebsbedingungen 30,8%, derjenige von Biogas 25 - 26%. Durch die Verwendung der heissen Verbrennungsgase zu Vorerhitzung der Milch über einem Wasserkreislauf konnte der Wirkungsgrad für Flaschengas um 5 - 6%, für Biogas um 3 - 4% erhöht werden.

Für Milch wurde das folgende Verfahren entwickelt: Die Kannen wurden mit 16 kg standardisierte Milch (2% BF) gefüllt und mit filtrierter Luft auf 0.5 bar Druck gebracht. Nun wurden sie auf 128°C erhitzt mit einer Haltezeit von 1,5 Minuten. Anschliessend erfolgte kühlung auf 115°C mit 5 Minuten Haltezeit. Schliesslich wurde die Kannen durch Eintauchen in ein Wasserbad oder durch Berieseln mit Leitungswasser auf 50°C gekühlt. Der thermische Prozess wies einen F_0 -Wert von 17,8 Minuten auf und brachte ein Produkt hervor, das sich bei tropische Umgebungstemperaturen während Wochen lagern liess. Der Gehalt der Milch an Hydroxymethylfurfural (HMF) betrug unmittelbar nach der Sterilisation 28 µMol/l, 22 µMol/l nach ein Woche und 20 µMol/l nach zwei Wochen Lagerungszeit bei Umgebungstemperatur. Der Verlust an Verfügbarem Lysin belief sich auf 7%, während bei Vitamin B1 ein Verlust von 14% zu verzeichnen war.

Um das Abziehen der Milk ohne Oeffnen der Kannen zu ermöglichen, wurde unter Verwendung von Sterilifilterpatronen (durchschnittlichen Porengrösse von 0,2 µm) Luft in die Gebinde gepresst. Für den Verkauf der Milch wurden die Kannen so auf einem Kippgestell angebracht, dass sie vor dem Oeffnen des Ablasshahns um 180° gedreht werden mussten. Damit wurde eine gleichmässige Verteilung des Fettes in der nicht homogenisierten Milch erreicht. Konsumentenbefragungen in Arusha, Tanzania, zeigten, dass die flammensterilisierte Milch vom Publikum vorwiegend gut aufgenommen wurde.

Eine Schätzung der Wirtschaftlichkeit wurde für tansanische Verhältnisse vorgenommen. Bei der Schätzung der Investitionskosten für Flammensterilisationsanlagen in der der Grössenordnung 160 - 2000 l/Tag fand man, dass bei der Verwendung von Biogas 47 - 59% und bei Einsatz von Flaschengas 53 - 69% der Kosten auf die Kannen entfallen. Es zeigte sich auch, dass für die Herstellung von Trinkmilch (2% BF) und Rahm (40% BF) Anlagen mit weniger als 500 l Tagesleistung unwirtschaftlich

sind. Im Gegensatz dazu weisen Installationen mit 1000 - 2000 l/Tag kurze Rückzahlungsperioden von 2,5 - 3,2 Jahren für das Biogas-System und von 2,5 - 3,5 Jahren für das Flaschengas-System auf. Die Produktions- und Vermarktungskosten solcher Anlagen fallen im Vergleich zu denjenigen der bereits bestehenden Grossanlagen, welche lokale Frischmilch verarbeiten, geringer aus. Dagegen scheinen bestehende Betriebe, welche importiertes Milchpulver rekonstituieren, kostengünstiger zu arbeiten.

Das untersuchte Flammensterilisationsverfahren stellt eine Möglichkeit dar, Milch in kleinen, ländlichen Milchsammelstellen, deren Kapazität bei 1000 - 2000 l/Tag liegt, zu verarbeiten. Ebenso ermöglicht es den kleindustriellen Einsatz von Biogas.

Résumé**Stérilisation par la flamme et commercialisation de lait en bidons de 20 litres**

Dans les pays en voie de développement, la production de lait pasteurisé est centralisée. Les grandes centrales laitières nécessitent donc la réfrigération, le transport journalier de petites quantités de lait cru sur de longues distances et l'utilisation coûteuse d'emballages à jeter. Il est par conséquent souhaitable de produire dans de petites unités rurales des produits laitiers qui n'exigent pas le refroidissement et de les commercialiser dans des emballages réutilisables. Ces produits doivent avoir une conservation de deux semaines à température ambiante afin de permettre un transport chez le détaillant une ou deux fois par semaine seulement.

Le but de cette étude était de mettre au point le système et de tester en pratique une machine prototype de stérilisation du lait par flamme. La machine qui est prévue pour traiter deux bidons en acier inoxydable de 20 litres, fut construite au laboratoire de sciences laitières de l'EPF de Zurich. Les études de transfert de chaleur montrèrent qu'un bidon contenant 16 kg d'eau et exigeant 69.34 kJ/°C d'augmentation de température fut chauffé à raison de 4.6 °C/min avec du butane en bonbonne. Les conditions étaient optimales quant au débit de gaz, rotation des bidons et position du brûleur. Le biogaz donnait une cadence de chauffage de 2.8 à 3.6 °C/min selon le débit de gaz. Le butane donna un rendement thermique de 30.8 % dans les conditions optimales tandis que le biogaz restait entre 25 et 26 %. Ce rendement fut amélioré de 3 à 4 % pour le biogaz et de 5 à 6 % pour le butane par l'utilisation des gaz de combustion pour le préchauffage du lait.

Le procédé suivant fut développé pour le lait. On remplit les bidons avec 16 kg de lait standardisé à 2 % de matière grasse (MG). On régla la pression à 0.5 bar avec de l'air filtré puis on chauffa à 128 °C, maintint cette température pendant 1.5 min, refroidit à 115 °C, maintint à nouveau durant 5 min puis finalement refroidit à 50 °C en immergeant les bidons dans un tank à eau ou en arrosant avec de l'eau courante. Ce processus thermique avait une valeur F_0 de 17.8 min et donna un produit apte à la conservation à température ambiante pendant 2 semaines. Le lait avait une teneur en Hydroxyméthylfurfural (HMF) respectivement de 28, 22 et 20 $\mu\text{Mol/l}$ immédiatement après la stérilisation, après 1 semaine et 2 semaines de stockage à température ambiante. La lysine diminua de 7 % en moyenne et la vitamine B1 de 14 % environ.

Pour éviter d'ouvrir le bidon lors du soutirage, on le pressurisa avec injection d'air à travers un filtre dont les pores avaient une dimension de 0.2 μm . Pour assurer une bonne répartition de la MG dans le lait non homogénéisé lors de la vente, le bidon devait basculer de 180° sur un support avant de pouvoir ouvrir le robinet. Lors de tests à Arusha en Tanzanie, les consommateurs taxèrent de bon le lait stérilisé à la flamme.

On évalua la rentabilité économique pour les conditions locales. On calcula pour les installations de 160 à 2000 l/jour. Avec le biogaz, le coût des bidons représente le 47 - 59 % des investissements tandis qu'avec le butane on est à 53 - 69 %. La production de lait de consommation (2 % MG) et de crème (40 % MG) est non rentable avec moins de 500 l/jour. Au contraire, une production de 1000 à 2000 l/jour permet un rapide amortissement sur 2.5 - 3.2 ans pour le biogaz et de 2.5 - 3.5 ans dans l'autre cas. Les frais de production et de commercialisation sont légèrement inférieurs à ceux des grandes centrales existantes qui transforment le lait frais. Par contre les centrales qui reconstituent de la poudre de lait travaillent à meilleur compte.

Le procédé de stérilisation étudié offre la possibilité de conditionner du lait dans de petits centres de collecte ruraux dont la capacité est de 1000 - 2000 l/jour. Il permet également l'utilisation du biogaz à l'échelle de la petite industrie.