



INFORMATION



¹⁾ Eidg. Forschungsanstalt
für Milchwirtschaft
Liebefeld
CH-3003 Bern

²⁾ Forschungsinstitut für
Vitalqualität
Ackerstrasse
CH-5070 Frick

Februar 2000 / 393 P

Hochdruckbehandlung von Milch

Beeinflussung der „Vitalqualität“, dargestellt mit bildschaffender Analytik



Steigbild druckbehandelter Milch

- Die Behandlung mit statischem Druck reduziert die mit bildschaffenden Methoden festgestellte „Vitalqualität“.
- Bei der Homogenisation von Milch haben auch die Scherkräfte einen Einfluss auf die sogenannte Vitalqualität (Gemessen mit Bildschaffender Analytik) des Produktes.
- Der Qualitätsverlust anhand der Bilder nimmt mit zunehmendem Druck und zunehmender Einwirkungsdauer und damit parallel zur Denaturierung von Inhaltsstoffen zu.
- Mit konventioneller Analytik kommt man basierend auf ausgewählten Denaturierungsindikatoren zu ähnlichen Prozessbeurteilungen wie die Bildinterpretation.

U. Balzer-Graf ²⁾, P.U. Gallmann ¹⁾

1. Einleitung

Eine Untersuchung der Pastmilchtechnologie mit analytischen und bildschaffenden Methoden hat ergeben, dass sich die Homogenisation nicht nur mit Hilfe analytischer Methoden erfassen lässt. Auch die bildschaffenden Methoden zeigen deutliche Veränderungen der Milchqualität nach der Homogenisation (Balzer-Graf und Gallmann, 1998). Um abzuklären, ob diese Veränderungen durch die dabei auftretenden Druck- oder Scherkräfte bewirkt werden, ist von der Forschungsanstalt für Milchwirtschaft (FAM) ein Versuch mit statischer Druckbelastung von Milch durchgeführt worden. Proben aus diesem Versuch sind parallel mit analytischen und mit bildschaffenden Methoden untersucht worden.

2. Material und Methoden

Die Untersuchungen sind an Rohmilch in Bioqualität gemacht worden. Mischmilch aus der FAM-Käserei wurde höchstens 36 Stunden nach der Gewinnung verschiedenen Druckbehandlungen unterzogen (Tabelle 1) und noch gleichentags mit den bildschaffenden Methoden Kupferchloridkristallisation nach PFEIFFER (Engquist, 1970), Steigbild nach WALA (Balzer-Graf, 1987) und Rundbild nach PFEIFFER (Pfeiffer, 1960; Bangert, 1993) untersucht. Zusätzlich wurden auch gelagerte Proben (1-5 Tag, 4° C) analysiert.

Tabelle 1: Druckbehandlung von Milch

Probe	Verfahren
1	Rohmilch
2	200 bar/5 Min.
3	3000 bar/5 Min.
4	5000 bar/5 Min.
5	5000 bar/1 Min.
6	7000 bar/5 Min.

Aus diesen Untersuchungen wurden ca. 180 Bilder ausgewertet. Die Beurteilung der Vitalqualität der Milchproben ist anhand dieser Bilder sowie bereits vorliegender Milchbilder aus der Bilderbibliothek erarbeitet worden. Die Ergebnisse sind mit exakt vergleichbaren, repräsentativen Bildern dokumentiert (Abbildungen 1, 2 und 3).

Die chemischen und mikrobiologischen Analysen beschränkten sich auf die Ermittlung der Inhaltsstoffe zur Charakterisierung der Milch, auf β -Lactoglobulin (IDF 1996) als Indikator für die Proteindenaturierung sowie Bestimmung der Aeroben mesophilen Keimzahl (Plate Count).

3. Ergebnisse

3.1 Steigbild

Bei der unbehandelten Milch (Probe 1) findet man rohmilchtypische Bildgestalten (Abbildung 1). Der Bildsockel ist intensiv grau-rötlich gefärbt, bandenartig gegliedert, leicht körnig strukturiert. In der Mittelzone finden sich tropfenartige, differenziert grünlich-blau-bräunlich gefärbte Strukturen. Die obere Bildzone ist mit zahlreichen, leicht gekrümmten, zarten Fahnen gegliedert. Eine mittलगrosse, ziemlich regelmässige, weissliche Tropfenzone schliesst die Bilder oben ab.

Die Steigbilder der mit 200 (Probe 2) bar behandelten Milch fallen durch einen Verlust an Farbintensität im Sockel und in der Mittelzone auf. Ferner sind Mittel- und Fahnenzone unregelmässiger gegliedert. Die Tropfengirlande bildet sich auch unregelmässiger aus. In der Steigbildmethode ist der Unterschied in der Bildgestalt zwischen Probe 1 und 2 nicht sehr plakativ, aber doch deutlich erkennbar.

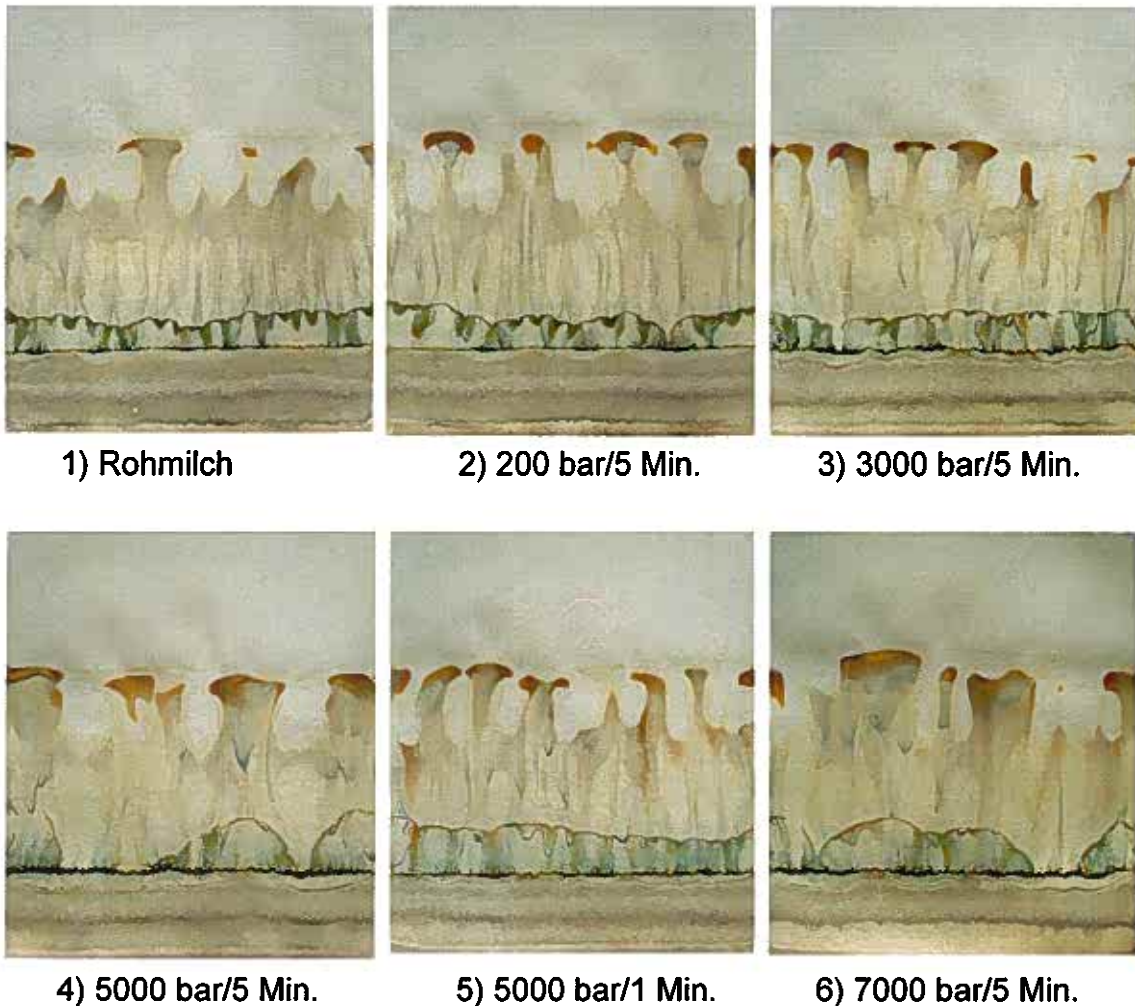


Abbildung 1: Steigbilder von druckbehandelter Milch

Die Steigbilder der Proben mit höherer Druckbehandlung (3000-7000 bar) haben weniger intensiv und weniger differenziert gefärbte Sockel. Die Sockel sind oben von einer stark ausgebildeten, schwarz-braunen Linie begrenzt. Die Mittelzonen sind diffuser geformt und blasser gefärbt. Teilweise sind sie nur noch unvollständig ausgebildet (Steighemmungen bei den Proben 4 und 6). Die Fahnenzonen sind unregelmässig und grob gegliedert. Die Tropfengirlanden sind ungleichmässig gestaltet. Diese Bildgestalten heben sich somit deutlich von den Steigbildern der Proben 1 und 2 ab. Die Probe 3 zeigt die für die Proben 3 bis 6 geschilderten Bildmerkmale in leicht geringerer Intensität, die Probe 6 zeigt sie besonders deutlich. Insbesondere fällt in den Steigbildern dieser Probe der stärker braun gefärbte Bildsockel auf. Die Proben 4 und 5, unterschiedlich lang (5 bzw. 1 Min.) dem gleichem Druck ausgesetzt, unterscheiden sich in ihren Bildgestalten. Die Probe 5 zeigt beispielsweise weniger ausgeprägte Steighemmungen in der Mittelzone als die Probe 4.

3.2 Rundbild

Die Mittelzone der Rundbilder unbehandelten Milch sind relativ einfach gegliedert, nur mässig differenziert ausgestaltet. Die speichenartigen, ziemlich langen, rosafarbenen Mittelzonenformen sind leicht blütenblätterartig ausgebildet, leicht strukturiert. Sie sind von einer durchscheinenden, weisslich-bräunlich-grauen Bande umschlossen. Diese Bande bildet insgesamt einen fast ringförmigen Bereich, der die rosafarbenen Strukturen umschliesst.

Bei den Proben 2 bis 6 bilden sich auch einfache, aber unregelmässiger gegliederte und zunehmend blasser rosa gefärbte Mittelzonen. Die speichenartigen, rosafarbenen Mittelzonenformen werden "eckiger", teilweise auch kürzer. Die sie umfassenden bräunlich-grauen Banden werden zunehmend grauer. Sie schliessen sich weniger zu einer ringförmigen Zone zusammen. Vielmehr sind sie auch speichenartig gegliedert. Teilweise gabeln sich diese Speichen nach aussen auch deutlich auf. So fallen die Bereiche, welche die zipfligen Mittelzonenformen umschliessen, bei den Rundbildern von Probe 2 durch eine stärkere radiale Gliederung, bei den Proben 3 und 5 durch eine zunehmende Breite sowie eine stärker gabelige Gliederung und diffusere Konturierung auf. Bei den Rundbildern von Probe 4 zeigt sich eine besonders starke radiale Gliederung und graue Färbung in dieser Bildzone. Bei Probe 6 schliesslich finden sich hier stark graue, gabelige, massige Strukturen.

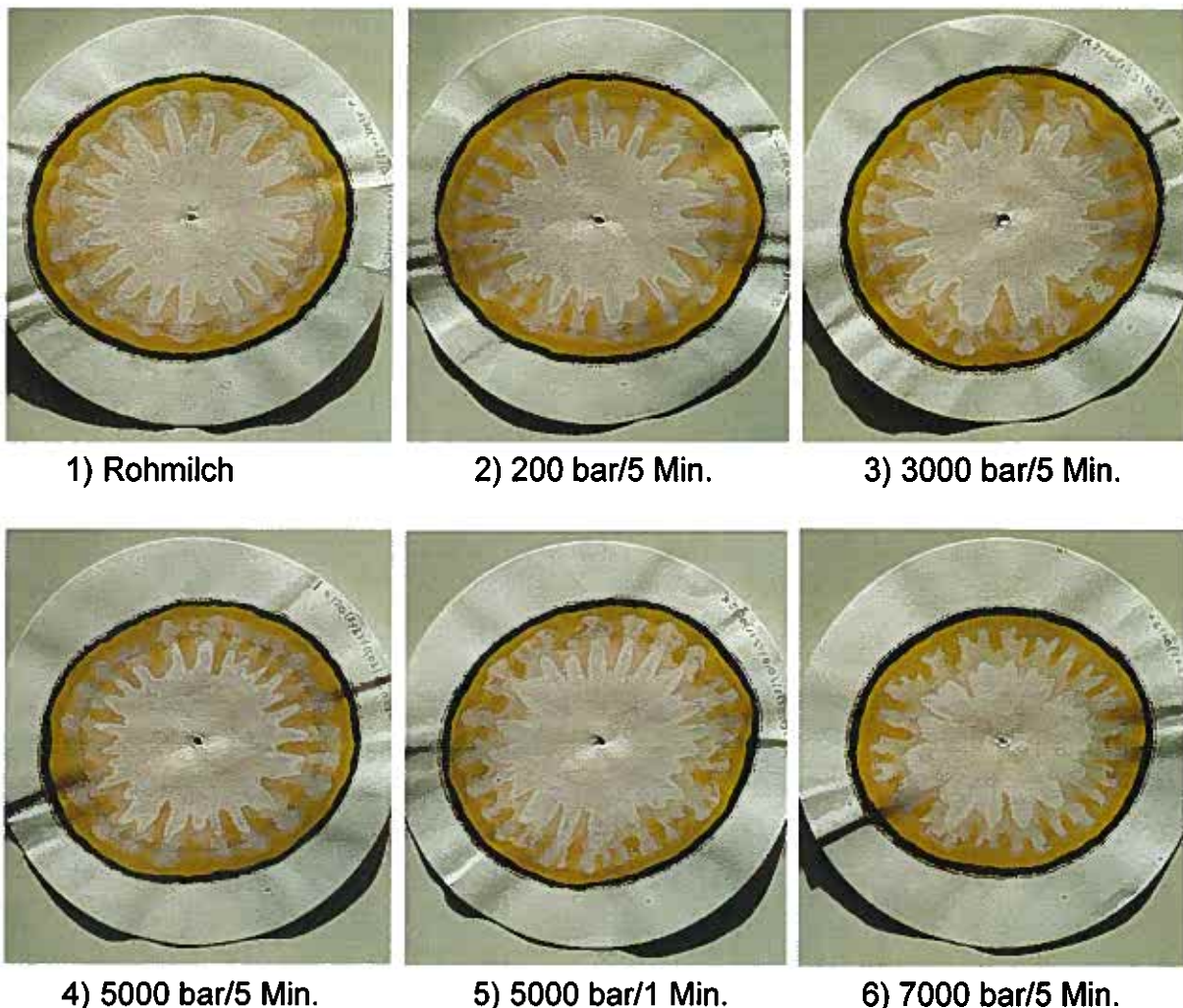


Abbildung 2: Rundbilder von druckbehandelter Milch

Bei den gelagerten Proben fällt nach einem Tag Kühlagerung eine nur geringe, nach 5 Tagen Kühlagerung eine starke Bildveränderung auf. Dabei neigen die Bilder der 5 Tage gealterten Milchproben zum Bildtyp, der sich bei den frischen Proben bei der Probe 6 findet.

3.3 Kristallbild

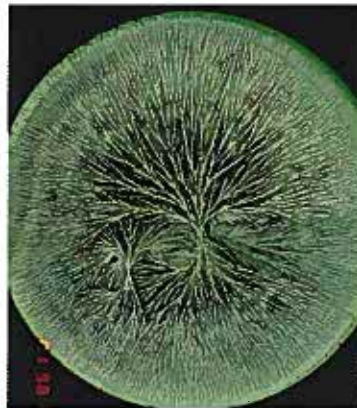
Bei der Untersuchung der frischen Proben fällt bei Probe 1 (Rohmilch) eine besonders breit ausgebildete Randzone auf. Die gebogenen, mittelkräftigen, mittelstark durchstrahlenden Nadelzüge sind ziemlich reich verzweigt und verästelt. Die Platten sind mitteldicht bis dicht mit Nadeln bedeckt. Ganz besonders fällt der sehr dichte, differenziert ausgebildete Randbereich auf.

Die Probe 2 zeigt vor allem im Randbereich einen Verlust der feinen Verästelung. Die Nadelzüge verzweigen sich nicht ganz so fein, sie sind auch etwas dünner und brüchiger ausgebildet. Im Kristallbild ist Probe 2 deutlich von Probe 1 zu unterscheiden.

Die Nadelzüge der Kristallbilder von Probe 3 fallen durch deutlich weniger stark verzweigte, stärker gerade verlaufende, starrere, im Randbereich nicht so fein ausgebildete Nadelzüge auf. Insgesamt ist der Randbereich wesentlich weniger breit und weniger prägnant ausgebildet. Einen ähnlichen Bildcharakter findet man auch bei Probe 5.



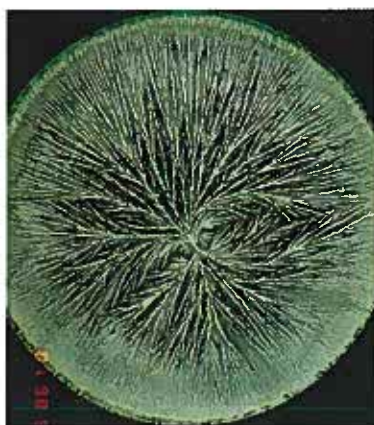
1) Rohmilch



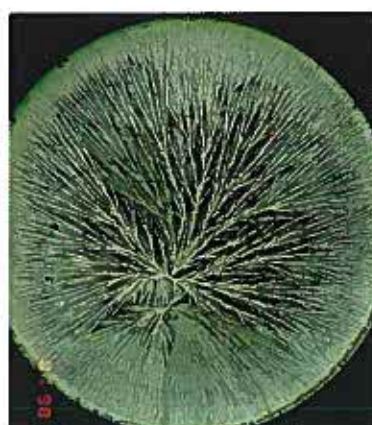
2) 200 bar/5 Min.



3) 3000 bar/5 Min.



4) 5000 bar/5 Min.



5) 5000 bar/1 Min.



6) 7000 bar/5 Min.

Abbildung 3: Kristallisationsbilder von druckbehandelter Milch

Probe 4 fällt durch relativ stark gebogene, aber auch wenig verzweigte und verästelte Nadelzüge auf. Insgesamt fällt die Asymmetrie der Hohlformausbildung auf. Die Randzonen sind wenig differenziert ausgebildet. In Abhängigkeit von der Probenvorbereitung bilden sich bei Probe 4 auch Kristallplatten mit sehr ausgeprägt filzigen Innenzonen aus.

Bei Probe 6 zeigen sich in den Kristallbildern besonders stark radial verlaufende und zugleich brüchigere, dünnere, starrere Nadelzüge. Die Hohlformen am Bildzentrum sind unregelmässiger ausgebildet.

Aus dem Vergleich der Kristallbilder, die sich bei unterschiedlichen Probenvorbereitung ergeben, lassen sich die Qualitätsunterschiede weiter differenzieren. So wird bei der Rohmilch eine etwas ungeformte, für reifend-differenzierende Prozesse aber offene Qualität sichtbar. Bei Probe 2 wird eine leicht absterbende und labil-undifferenzierte Nuance erkennbar. Die Probe 3 ist von absterbenden Prozessen geprägt. Verdichtung ist eine Prozessrichtung, die insbesondere bei Probe 4, 5 und 6 zusätzlich auftritt. Sie ist bei Probe 4 besonders deutlich ausgebildet. Bei Probe 6 wird sie von einer zunehmend absterbenden Prozessrichtung überdeckt.

Gesamtbeurteilung aufgrund der Bilder:

Zusammenfassend lassen sich die untersuchten Milchproben folgendermassen charakterisieren:

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Rohmilch | gut rohmilchartig, mittel bis gut differenziert, gut bis sehr gut belebt; leicht ungeformt, aber für reifend-differenzierende Prozesse offen: wenig alternd |
| 2. 200 bar/5 Min. | mittel bis gut rohmilchartig, mittel differenziert, gut belebt; wenig bis mittel alternd, leicht ungeformt-labil |
| 3. 3000 bar/5 Min. | mittel rohmilchartig, mässig differenziert, mittel bis gut belebt; mittel „auflösend“, mittel alternd, verdichtet |
| 4. 5000 bar/5 Min. | mittel rohmilchartig, wenig differenziert, mittel belebt; stark „auflösend“, mittel alternd, stark verdichtet |
| 5. 5000 bar/1 Min. | mittel rohmilchartig, mässig differenziert, mittel bis gut belebt; mittel „auflösend“, mittel alternd, verdichtet |
| 6. 7000 bar/5 Min | mässig rohmilchartig, wenig differenziert, mässig belebt; stark „auflösend“, stark alternd, stark verdichtet |

3.4 Proteindenaturierung

Als Indikator wurde die Denaturierung von β -Lactoglobulin gewählt. Diese charakterisiert bei Erhitzungsprozessen den Wirkungsbereich der Pasteurisation am besten (Abbildung 4).

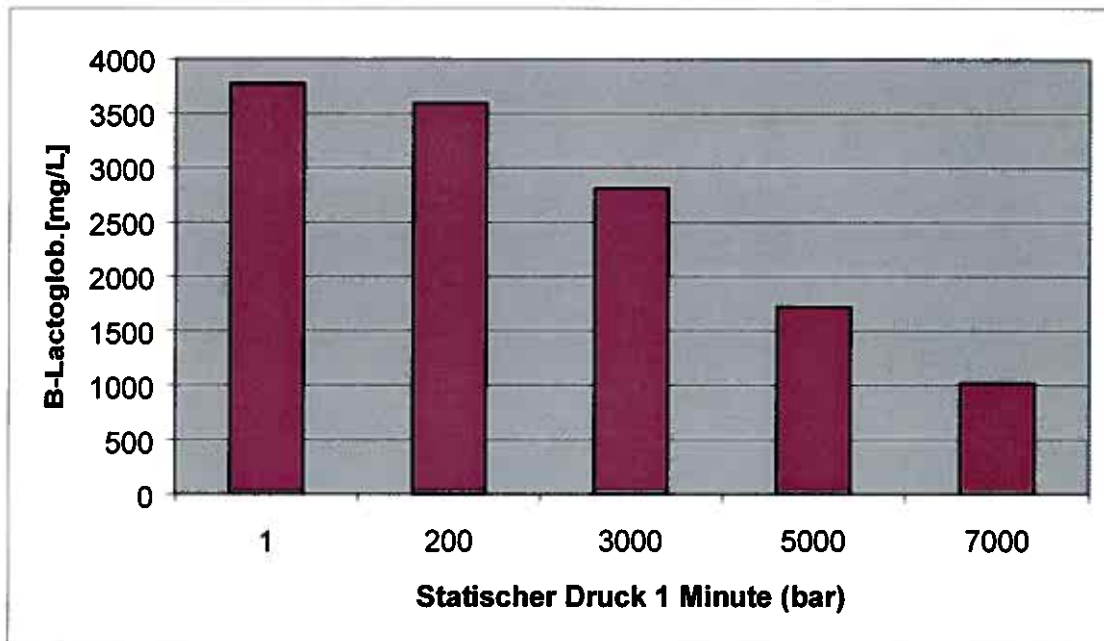


Abbildung 4: Denaturierung von β -Lactoglobulin, gemessen am Gehalt an löslichem β -Lactoglobulin in Abhängigkeit der Druckbehandlung

Offensichtlich verläuft auch bei der Druckbehandlung die Denaturierung des β -Lactoglobulin etwa parallel zum Keimabtötungseffekt. Diese Resultate stimmen sehr gut mit früheren Versuchen überein (Eberhard et al. 2000).

3.5 Keimreduktion

Ziel der Behandlung ist letztendlich eine Keimreduktion analog einer Pasteurisation oder einer UHT-Behandlung. Wie Abbildung 5 zeigt, kann, ausgehend von einer hohen Belastung der Rohmilch (>400000 KBE/ml) mit entsprechender Prozessführung die Keimzahl um 4 Zehner-Potenzen reduziert werden.

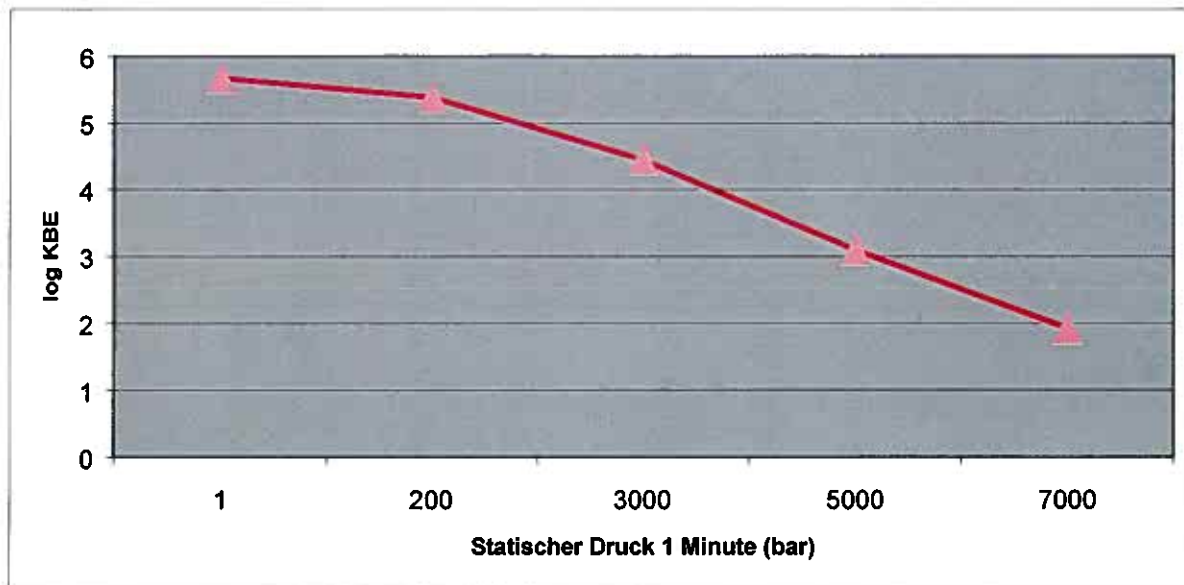


Abbildung 5: Aerobe mesophile Keimzahl in Abhängigkeit der Druckbehandlung

Die mit der Hochdruckbehandlung zu erzielenden Keimreduktionseffekte stimmen gut mit früheren Arbeiten überein (Eberhard et al. 2000).

4. Diskussion

Die Rohmilch war mit > 400 000 KbE von minderer Qualität, was aber für die Messung der bakteriologischen Effekte der Hochdruckbehandlung eher von Vorteil ist. Entsprechend ergeben sich zwar rohmilchartige, aber nicht ausserordentlich gut ausgebildete Bildgestalten. Sie erreichen die Bildqualitäten der untersuchten Rohmilchproben aus den Versuchen zur Pastmilch- bzw. Joghurttechnologie nicht. Die weniger differenziert ausgebildeten Rundbilder, die weniger fein texturierten Kristallbilder sind deutliche Indizien.

Die Behandlung mit statischem Druck bewirkt in der Regel eine Keimzahlreduktion in dem hier festgestellten Rahmen (Eberhard et al, 2000). Die Denaturierung von β -Lactoglobulin verläuft analog einer Pasteurisation etwa im gleichen Verhältnis zur Keimreduktion. Entsprechende Veränderungen lassen sich mit den bildschaffenden Methoden nachweisen. Die Druckbehandlung mit nur 200 bar zeigt eine mässige Qualitätsdegradation. Sie ist aber doch deutlich erkennbar. Der Verlust an Differenzierung in der Ausbildung der Mittel- und Fahnenzone im Steigbild, die blassere Färbung der Mittelzone im Steigbild sowie die gröbere, unregelmässigere und radialbetontere Gliederung im Rundbild weisen darauf hin. Nicht zuletzt aber auch die deutlich brüchigeren, vor allem im Randbereich weniger fein verzweigten und verästelten Nadelzüge im Kristallbild. Insgesamt könnte man die durch diese Druckbehandlung der Milch eingeprägte Prozessrichtung als "leicht auflösend, destabilisierend, alternd" bezeichnen.

Milch mit einer statischen Druckbehandlung, die den bei der Homogenisation auftretenden Druckbelastungen vergleichbar ist (100 bar), zeigt eine geringere Denaturierung als homogenisierte Milch. Sobald aber höhere statische Drücke einwirken, sind die Denaturierungen auch beträchtlich. Bei der Hochdruckbehandlung tritt eine behandlungsspezifische „auflösende“ Prozessrichtung hervor. Man könnte diese Merkmale noch am ehesten mit Überreife bei Früchten vergleichen.

Mit zunehmendem statischem Druck werden die Qualitätsveränderungen bei der Milch gravierender.

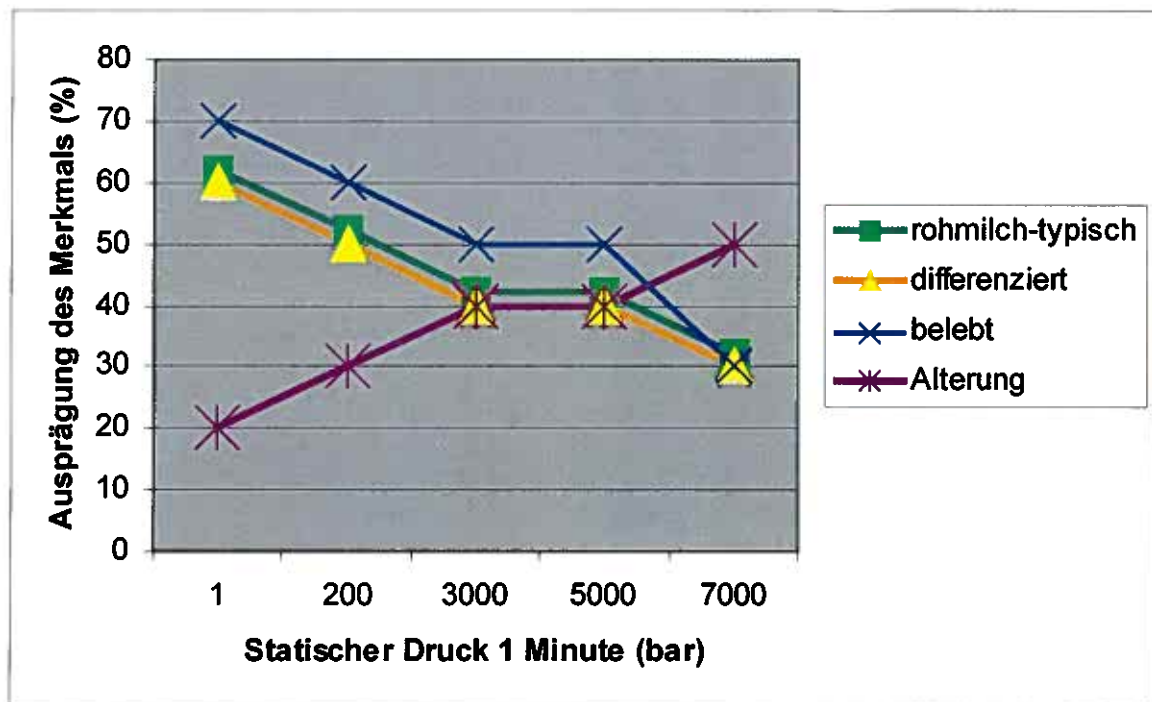


Abbildung 6: Graphische Darstellung der mittels bildschaffender Methode festgestellten Veränderungsprozesse in Abhängigkeit des statischen Druckes

Die Steigbildmethode macht auf zunehmende „Auflösungsprozesse“ aufmerksam (Abbildung 6). Dies ist vor allem an der Ausbildung der Sockel- und Mittelzone ablesbar. Der Sockel ist weniger intensiv gefärbt. Die Mittelzone wird breiter, blasser. Die obere Bildzone ist weniger fein vertikal gegliedert. Extrakte alternder Produkte (wie beispielsweise Äpfel im Frühjahr nach langer Lagerung) zeigen verwandte Merkmalskompositionen. Die Bildgestaltung der druckbehandelten Milch ist insgesamt weniger differenziert. Der rohmilchtypische Bildcharakter verliert sich.

Beim Rundbild fallen einerseits zunehmende „Auflösungsprozesse“ auf, was in breiter, grauer ausgebildeten äusseren Bereichen der Mittelzonen abzulesen ist. Die gröber gegliederten, weniger strukturierten, blasser gefärbten inneren Bereiche der Mittelzonen weisen andererseits auf eine weniger belebte, weniger differenzierte Substanz hin. Die unbehandelte Rohmilch (Probe 1) zeigt bei geringem Substanzeintrag ähnliche Bildmerkmale. Ferner ist die zunehmend radiale Gliederung und diffuse Konturierung im äusseren Mittelzonenbereich als Ausdruck von Alterung zu verstehen.

In den Kristallbildern werden die Verluste in der Krümmung, in der Verzweigung und Verästelung der Nadelzüge sowie in der Ausbildung deutlich dreigliedriger Bilder erkennbar. Sie sind Ausdruck von deutlicher Entdifferenzierung und Alterung. Die Proben 4 bis 6 sind stärker von auflösenden, alternden und von verdichtenden Prozessen ergriffen. Bei den Proben mit besonders hoher und lang anhaltender Druckbelastung (4, 6) fallen besonders dünne, „harte“ Nadelzüge auf.

5. Schlussfolgerung

Die Behandlung mit statischem Druck reduzierte die mit bildschaffenden Methoden festgestellte „Vitalqualität“. Die statische Druckanwendung in Grössenordnungen der normalen Milchhomogenisation (Bereich von 100 bar) bewirkte einen geringeren Qualitätsabfall als die Homogenisation (Balzer et al. 1998), bei welcher sowohl Druck- wie Scherkräfte wirken. Mit 200 bar wurde hier ein im Vergleich zur üblichen Homogenisation hoher Druck eingesetzt. Damit lässt sich ableiten, dass auch die Scherkräfte

der Homogenisation einen starken Einfluss auf die Vitalqualität des Produktes haben müssen.

Der Qualitätsverlust nimmt mit zunehmendem Druck und zunehmender Einwirkungs-
dauer zu. Der Charakter des Qualitätsverlustes variiert mit den gewählten Drücken
zwar leicht. Man kann insgesamt die Qualitätsveränderung aber mit der Überreife bei
Früchten vergleichen.

Parallel zu der bildschaffenden Interpretation ist konventionell eine entsprechende
Denaturierung des gewählten Indikators feststellbar. Analog zur Beurteilung von Hitze-
behandlung werden auch hier die Produktequalitäten mit beiden Ansätzen ähnlich be-
urteilt.

6. Dank

Diese Versuche konnten dank grosszügiger Beteiligung der Bio Suisse durchgeführt
werden. Besonderer Dank gilt der Bio Suisse Markenkommision Verarbeitung und
Handel, welche sich unter der Leitung von Herrn M. Eichenberger intensiv um die
wissenschaftliche Beurteilung von Verfahrenseinflüssen bemüht.

7. Literatur

BALZER-GRAF, U. und GALLMANN P., 1998, Analytische und bildschaffende Metho-
den in der Untersuchung von Milchprodukten, Vitalqualitätsuntersuchung
Pastmilch, Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, CH-Bern, Interner Be-
richt 46/1998

BALZER-GRAF, U. und GALLMANN P., 2000, Analytische und bildschaffende Metho-
den in der Untersuchung von Milchprodukten, Vitalqualitätsuntersuchung Jo-
ghurt, Eidg. Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, CH-Bern, FAM-Information
391/2000

IDF (International Dairy Federation, Brussel) Standard 178 :1996

BANGERT, D., 1993, Zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Chroma-Boden-
Testes als bildschaffender Methode, Diplomarbeit, Institut für Landschaftsöko-
nomie TU, Berlin, 205 S.

BALZER-GRAF, U., 1987, Vitalaktivität von Nahrungsmitteln im Spiegel bildschaffen-
der Methoden, Elemente der Naturwissenschaft, 46, S. 69-92

EBERHARD P. , STRAHM, W. und GALLMANN, P.U., 2000 Hochdruckbehandlung
von Milch und Rahm (Schweiz. Milchzeitung, eingereicht)

ENGQVIST, M., 1970, Gestaltkräfte des Lebendigen, Vittorio Klostermann Verlag,
Frankfurt

PFEIFFER, E.E., 1960, Chromatograms of grain and flour, Bio-Dynamics, 54, p. 2-15