

Prom. Nr. 2748

B.

Über den Druck in der Gasphase bei der Dauerpasteurisation von CO₂-haltigem Süßmost

Von der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE IN ZÜRICH

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der
Naturwissenschaften
genehmigte

PROMOTIONSARBEIT

Vorgelegt von
HANS SIEGRIST
von Stäfa (ZH)

Referent: Herr Prof. Dr. H. Deuel
Korreferent: Herr Prof. Dr. O. Gübeli



Luft im Gasraum klein ist, da die gelöste Luft exsorbiert wird und nicht nur einen zusätzlichen Luftpartialdruck im Gasraum erzeugt, sondern auch die Entstehung des höchstmöglichen CO_2 -Partialdruckes fördert. In diesem Zusammenhang sei kurz auf die „ CO_2 -Vorfüllung“ der Flaschen in gewissen Füllersystemen hingewiesen. Sie ist im Hinblick auf den Gasdruck bei der Pasteurisation nur zweckmäßig, wenn luftfreies Getränk abgefüllt wird. Da der CO_2 -Partialdruck schon bei ca. 3 g CO_2 /l und 5° Abfülltemperatur größer ist als der atmosphärische Druck, verlieren Getränke mit größerem CO_2 -Gehalt zwischen Füllen und Verschließen immer etwas CO_2 , das die im Gasraum überstehende Luft verdrängt. Entlüftung des Süßmostes und Imprägnierung mit luftfreiem CO_2 gehören somit zu den wichtigsten Maßnahmen, um den Gasdruck bei der Pasteurisation tief zu halten. Daß Süßmost und Gasraum in der Praxis nicht immer mit der nötigen Sorgfalt entlüftet werden, zeigen die Luftanalysen an Handelssüßmost (Tabelle 10).

Die Höchstdrücke sind bei 70° wesentlich größer als bei 60°, und vor allem wirkt sich die Bemessung des Gasraumes bei 70° viel stärker aus. Das Bruchrisiko läßt sich reduzieren, indem man die Pasteurisationstemperatur tiefer ansetzt. Nach dem oben Gesagten wird der Süßmost bei tieferer Endtemperatur nur dann biologisch haltbar, wenn in „bewegter Flasche“ pasteurisiert wird. Die Bewegung fördert zwar zunächst die CO_2 -Exsorption, andererseits wird aber die Grenzfläche zwischen Süßmost und Gasraum beträchtlich größer und ständig erneuert. Damit sind die Voraussetzungen für die CO_2 -Resorption aus dem Gasraum günstig, und der Gasdruck wird stets annähernd gleich dem Partialdruck des gelösten CO_2 .

Die technologischen und wirtschaftlichen Vorteile der Pasteurisation in „bewegter Flasche“ lassen sich aber nur realisieren, wenn das Verfahren nicht nur einen besseren Wärmewirkungsgrad erzielt, sondern auch die Gasresorption beschleunigt. Die Flaschen während des ganzen Pasteurisationsprozesses nur drei bis fünf mal um die Querachse zu drehen, wie FEHRMANN (1) vorgeschlagen hat, verbessert wohl den Wärmedurchgang. Die CO_2 -Resorption wird aber keinesfalls ausreichend gefördert, sodaß die Gasdrücke bei der Endtemperatur hoch sind.

VIII. Zusammenfassung

1. Bei der Dauerpasteurisation von CO_2 -haltigem Süßmost tritt durch übermäßigen Gasdruck häufig Flaschenbruch auf. Dieser Gasdruck ist Gegenstand vorliegender Untersuchung.

2. Die Bestimmung der CO_2 - und Luftlöslichkeit in Süßmost sowie des spezifischen Volumens und des Dampfdruckes von Süßmost ergeben die Grundlagen zur Berechnung des Gasdruckes bei der Pasteurisation.

3. Die CO_2 -Löslichkeit in Standardsüßmost bei 30° bis 75° und 0 at bis 11 at Partialdruck ist in den Kurven der Abb. 5 wiedergegeben.

Größerer Extrakt- und Säuregehalt des Süßmostes vermindern die CO_2 -Löslichkeit; auch alkoholhaltiger Speziaisaft löst das CO_2 schlechter als der Standardsüßmost (Tabelle 9).

4. Die untersuchten Handelssüßmoste enthalten 2,0 bis 15,6 Nccm N_2 und 0 bis 5,1 Nccm O pro Liter. Der N_2 -Gehalt im Gasraum beträgt 8,2 bis 70,8% und der O_2 -Gehalt 0,4 bis 13,7% des Gasraumvolumens (Tabelle 10).

5. Der Höchstdruck bei der Dauerpasteurisation wird aus folgenden Annahmen berechnet: Zuerst wird durch das Erwärmen gelöstes Gas in den Gasraum exsorbiert. Der Gasraum wird durch die Wärmedehnung des Süßmostes kleiner. An der Grenzfläche Gas-Süßmost im Flaschenhals diffundiert das Gas nur langsam in den

Süßmost zurück. Die Vorgänge an der Grenzfläche sind mit der Wirkung eines Einwegventils zu vergleichen: die Gasexsorption in Form aufsteigender Blasen ist möglich, aber die Resorption praktisch völlig gehemmt. Das überschüssige ungelöste Gas wird im Gasraum komprimiert und erzeugt einen Druck, der größer ist als der Partialdruck des gelösten Gases.

Es gelingt, den berechneten höchstmöglichen CO_2 -Partialdruck zu erreichen. Dazu muß diskontinuierlich zuerst auf die Temperatur, bei der das CO_2 -Gewicht im Gasraum am höchsten ist, und anschließend möglichst schnell auf die Pasteurisationstemperatur erwärmt werden (Tabelle 21).

Die berechneten Partialdrücke von N_2 und O_2 werden praktisch erreicht, wenn der Partialdruck der Gase im Gasraum größer ist als jener der gelösten Gase. Im umgekehrten Fall wird gelöstes Gas exsorbiert. Der gemessene Druck ist kleiner als der für das Gleichgewicht berechnete. Luftanalysen ergeben, daß die Exsorption nicht vollständig ist. Allgemein stehen gelöste Luft und Gasraumluft nicht im Gleichgewicht (Tabelle 19).

6. In ruhender Flasche sind die Bedingungen nicht erfüllt, die zur Berechnung des höchstmöglichen Druckes vorausgesetzt wurden. Der warme, spezifisch leichtere Süßmost im Flaschenhals mischt sich nicht mehr mit dem Süßmost im Flaschenrumpf. Da beim Erwärmen zuerst gelöstes CO_2 aus den obersten Süßmostschichten exsorbiert wird, ist der Partialdruck des gelösten CO_2 hier geringer. Der CO_2 -Partialdruck im Gasraum wird abhängig vom CO_2 -Gehalt der Grenzschicht.

7. Bei den heute praktisch angewandten Berieselungs- oder Tauchbadverfahren zur Dauerpasteurisation wird nur ca. die Hälfte der Wärmemenge übertragen, die gemäß den gemessenen Wärmeübergangszahlen bei konstantem Wärmegefälle in der gleichen Zeit die Flaschenwandungen durchdringen könnte. Im oberen Teil der aufrechten Flasche staut sich erwärmter Süßmost. Das volle Wärmegefälle bleibt nur für die Fläche des Flaschenrumpfes bestehen, und mit zunehmender Erwärmung des Süßmostes nimmt das Wärmegefälle ab.

8. Aus den Untersuchungsergebnissen werden einige Folgerungen für die Praxis der Dauerpasteurisation gezogen. Die Höchstdruckdiagramme der Figuren 7 und 8 erleichtern die richtige Bemessung des Gasraumes. Wichtig ist, daß insbesondere bei Imprägnierung mit mehr als 3 g CO_2 pro Liter der Süßmost und der Gasraum luftfrei sind.

Die besten Verhältnisse in Bezug auf Höchstdruck, Wärmeübergang und biologische Haltbarkeit ergeben sich, wenn

- a) die Flasche während der Pasteurisation geeignet bewegt wird, und
- b) die Temperatur des Heizmediums so geführt wird, daß das volle Wärmegefälle bestehen bleibt, bis der Süßmost die Endtemperatur nahezu erreicht hat.