

## Schutzgasverpackung bei Frischfleisch (Rückenmuskulatur von Schwein und Rind) unter besonderer Berücksichtigung von Kohlenmonoxid

Modified atmosphere packaging of meat (*M. longissimus dorsi* from pork and beef) under special consideration of carbon monoxide

P.-G. KLETTNER

### Zusammenfassung

Schweine- und Rindfleisch als Frischfleisch werden in zunehmendem Maße unter Schutzgas verpackt. Die Zusammensetzung des Schutzgases beeinflusst Qualität und Haltbarkeit des Fleisches. Es kamen drei unterschiedliche Gaszusammensetzungen bei den Chargen zur Anwendung: die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge. Die verschiedenen Begasungen hatten unterschiedliche Auswirkungen auf die Bakterienflora. Hohe O<sub>2</sub>-Gehalte im Schutzgas ergaben höhere Keimzahlen bei *Brochothrix thermosphacta* und niedrigere Keimzahlen bei Laktobazillen, wohingegen hohe CO<sub>2</sub>-Gehalte im Schutzgas zu höheren Laktobazillenzahlen und niedrigeren *Brochothrix thermosphacta* Werten führten. Der Geruch des rohen Schweinefleisches war bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge bis zum 10. Tag akzeptabel, bei der CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge bis zum 14. Tag. Die Akzeptanzgrenze des Geruchs des gegarten Schweinefleisches war nach 7 Tagen und die des Geschmacks nach 6 Tagen bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge erreicht. Bei der CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge war die annehmbare Akzeptanz fast immer 14 Tage. Der visuelle Farbeindruck des rohen Schweinefleisches war ausreichend im Rotton bis 14 Tage bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, gut bei der CO-Versuchscharge und mangelhaft nach 3 Tagen bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge. Bei Rindfleisch wurde die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge farblich bis 7 Tage Lagerung am besten beurteilt, später wurde die CO-Versuchscharge besser beurteilt. Nach 10 Tagen war die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge farblich nicht mehr akzeptabel. Das gegarte Rindfleisch war bis 14 Tage bei den drei Chargen im Geschmack akzeptabel. Lediglich die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge fiel etwas ab.

---

<b>Schlüsselwörter</b>	Frischfleisch – Schweinefleisch – Rindfleisch – Begasung – O <sub>2</sub> – CO <sub>2</sub> – CO – Bakterienentwicklung – Farbe – Geruch – Geschmack
<b>Key Words</b>	meat – pork – beef – gas mixture – O <sub>2</sub> – CO <sub>2</sub> – CO – bacterial counts – colour – smell – taste

---

### Summary

Pork and beef gain importance in modified atmosphere packaging. The composition of modified atmosphere influences both, quality and shelf life of meat. We used three different gas mixtures: an O<sub>2</sub>-control batch, a CO-experiment batch and a CO-100 %-CO<sub>2</sub>-experiment batch. Different gas mixtures had varying effects on the bacterial flora. High O<sub>2</sub> contents in modified gas led to higher bacterial counts of *Brochothrix thermosphacta* and lower counts of *Lactobazillaceae*. On the other hand, high CO<sub>2</sub> contents in gas mixtures led to higher *Lactobacillaceae* and lower *Brochothrix thermosphacta* counts. The smell of raw pork was acceptable in the O<sub>2</sub>-control batch until the 10<sup>th</sup> day and, for the CO-experiment batch and CO-100 %-CO<sub>2</sub>-experiment batch, until day 14. For the O<sub>2</sub>-control batch the smell of grilled pork was acceptable until day 7 and the taste was acceptable until day 6. The acceptable threshold for the CO-experiment batch and the CO-100 %-CO<sub>2</sub>-experiment batch was reached nearly always at day 14. Concerning visual colour impression, red colour display in raw pork was sufficient until day 14 in the O<sub>2</sub>-control batch, good in the CO-experiment

batch, and faulty after 3 days in the CO-100 %-CO<sub>2</sub>-batch. Beef was extremely well judged in colour until 7 days of storage for the O<sub>2</sub>-control batch. Later on, the CO-experiment batch was judged better. After 10 days the CO-100 %-CO<sub>2</sub>-experiment batch was not any more acceptable in colour. Grilled beef was acceptable in taste until day 14 in all three batches. Only the O<sub>2</sub>-control batch was rated somewhat less in comparison to the others.

In der Praxis werden Rückenmuskulatur von Schwein und Rind in zunehmendem Maße unter MAP-Bedingungen verpackt. MAP steht für *Modified Atmosphere Packaging*. Durch spezifische Begasungen kann die Haltbarkeit deutlich verlängert werden. Begasungen mit hohen O<sub>2</sub>-Gehalten haben eine weite Verbreitung gefunden. O<sub>2</sub> verbindet sich mit dem Myoglobin des Fleisches zum Oxy-myoglobin und bildet dadurch eine hellrote Farbe. Das Fleisch rötet auf. Dies ist aber unter bakteriologischen Gesichtspunkten problematisch wegen unerwünschter Keimvermehrung. Auch arbeitstechnisch ergeben sich beim Begasen der Verpackung Probleme, da Explosionsgefahr besteht. An die Verpackungsmaschinenhersteller werden beim Arbeiten mit hohen O<sub>2</sub>-Gehalten besonders hohe Anforderungen bei der Materialauswahl gestellt. Wird andererseits mit hohen CO<sub>2</sub>-Gehalten begast, so wird Kotelettmuskulatur in der Farbe grau und Roastbeef braun. CO<sub>2</sub> hat aber eine bakteriostatische Wirkung auf Keime, was positiv zu beurteilen ist. Aus diesem Grunde kommen häufig O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> Kombinationen zur Anwendung, die zu einer roten Farbe bei Fleisch durch O<sub>2</sub> und Keimhemmung durch CO<sub>2</sub> führen.

CO hat auf die Farbe bei Fleisch einen besonders positiven Effekt. Es wirkt beim Myoglobin 20-mal intensiver als das O<sub>2</sub> und 240-mal intensiver beim Hämoglobin. Aus diesem Grunde genügen geringe CO-Konzentrationen, um beim Fleisch dauerhaft eine kirschrote Farbe zu erzeugen.

Ziel der Untersuchungen war es, bei Kotelettmuskulatur und Roastbeef die Wirkung von O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>-Gasgemischen und CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>-CO-Gasgemischen zu untersuchen, wobei toxikologische Fragestellungen und eine eventuelle Schönung berücksichtigt werden sollen.

## Material und Methoden

Das Schweinefleisch stammte von Kreuzungstieren der Deutschen Landrasse (DL) und Pietrain (Pi) und das Rindfleisch von Fleckvieh-Jungbullen. Das Schweinefleisch wurde aus versuchstechnischen Gründen 6 Tage bei +2 °C vakuumverpackt zwischengelagert und das Rindfleisch 13 Tage bei +2 °C vakuumverpackt gereift. Nach dieser Zwischenlagerung wurden 2 cm dicke Scheiben aus dem *M. longissimus dorsi* auf einer Aufschnittmaschine geschnitten, das Fleisch in Schalen verbracht, mit den entsprechenden Gasgemischen begast, versiegelt und bei 2 °C jeweils 12 Stunden von 24 Stunden mit einer Tageslichtlampe der Lichtfarbe 11 sowie einer Beleuchtungsstärke von 800 Lux ausgesetzt. Die Schalen lieferte die Firma Linpac Plastics GmbH. Die Schutzfolie Lintop THB 60 AN hatte eine Permeabilität von 1,1 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h bei Sauerstoff; 2,2 g/m<sup>2</sup>/24 h Wasserdampfdurchlässigkeit und 5,5 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/24 h CO<sub>2</sub>-Durchlässigkeit. Die Verpackungsmaschine FP 400 V/G war von der Firma Komet.

Folgende MAP-Bedingungen kamen zur Anwendung:

1. 70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub>  
= **O<sub>2</sub>-Kontrollcharge**
2. 70 % CO<sub>2</sub>; 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO  
= **CO-Versuchscharge**
3. Begasung mit 1 % CO und 99 % N<sub>2</sub> im Korimat für 4 h, anschließend eine 100 % CO<sub>2</sub>-Begasung  
= **CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge**

Während der vierzehntägigen Lagerung wurden untersucht:

- pH-Wert: Portamess 912, Fa. Knick, Berlin
- bakteriologische Untersuchung: Gesamtkeimzahl und *Brochothrix* – Standard I;

Pseudomonaden (Cytochrom-Oxidase-Test) – Standard I;  
*Enterobacteriaceae* – DHL;  
Laktobazillen – MRS

- visuell und farbmétrisch Farbe: 6-Punkte Skala; Minolta Chroma Meter CR 200; Lichtfarbe D65 – Normalbeobachter 2°-Messgeometrie d/0°; Fa. Minolta
- Thiobarbitursäurezahl: nach BOTOSGLOU *et al.* 1994
- Tropfsaftverluste: Wiegen bei Herstellung, wiegen am Untersuchungstag
- Sensorik; 6-Punkte-Skala; 6 = sehr gut, 1 = ungenügend

## Ergebnisse und Diskussion

### Kotelettmuskulatur

Der pH-Wert bewegte sich zwischen 5,40 und 5,66. Die Keimzahlen während der Lagerung bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge zeigen die folgenden Abbildungen.

In Abbildung 1 werden die Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae*, Pseudomonaden, *Brochothrix* und Laktobazillen bei einer Lagertemperatur des Fleisches von 2 °C dargestellt. Die Gesamtkeimzahl nahm von 10<sup>3</sup> langsam zu auf etwas über 10<sup>4</sup>. *Brochothrix* vermehrte sich bei der O<sub>2</sub>-Charge verhältnismäßig stark, stärker als die Laktobazillen und diese nahmen stärker zu als die Pseudomonaden. Die *Enterobacteriaceae* lagen unter der Nachweisgrenze.

Abbildung 2 zeigt die Keimzahlen bei der CO-Versuchscharge. Die Gesamtkeimzahl nahm von 10<sup>3</sup> auf 10<sup>6</sup> nach 14 Tagen zu. Am stärksten vermehrten sich die Laktobazillen während der Lagerung, dann folgten *Brochothrix* und die Pseudomonaden. Die *Enterobacteriaceae* können wiederum vernachlässigt werden.

Im Gegensatz zur O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, wo *Brochothrix* die dominierende Flora darstellt, sind es bei der CO-Versuchscharge die Laktobazillen. Bei hohen O<sub>2</sub>-Gehalten

kann sich *Brochothrix* gegenüber den Laktobazillen besser behaupten, hingegen begünstigen hohe CO<sub>2</sub>-Gehalte die Laktobazillen.

Abbildung 3 zeigt die Keimzahlen bei Kotelettmuskulatur und der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge. Die Gesamtkeimzahl nahm von 10<sup>3</sup> auf 6x10<sup>4</sup> nach 14 Tagen zu. Damit lagen die Gesamtkeimzahlen ähnlich wie bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge. Allgemein bekannt ist, dass hohe CO<sub>2</sub>-Gehalte einen bakterio-statischen Effekt haben. Dies kann auch für hohe O<sub>2</sub>-Gehalte festgestellt werden, da die Gesamtkeimzahlen der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge und O<sub>2</sub>-Kontrollcharge ähnlich waren.

Hohe CO<sub>2</sub>-Gehalte bzw. die Abwesenheit von Sauerstoff bewirken, dass sich die Laktobazillen gegenüber den anderen Keimen stärker durchsetzen. Dies konnte schon bei der CO-Versuchscharge (70 % CO<sub>2</sub>) festgestellt werden und zeichnet sich ebenfalls bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge ab. Hohe O<sub>2</sub>-Gehalte dagegen bewirken, dass *Brochothrix* sich besonders gut vermehrt, stärker als die Laktobazillen.

Die Farbe von Fleisch ist von besonderer Bedeutung, da sie der erste Anreiz zur Kaufentscheidung des Kunden ist. Leuchtend rote Farben bei Fleisch bevorzugt der Verbraucher eher als missfarbene, wie z.B. graue oder braune. Aus diesem Grunde haben wir das Fleisch in den unterschiedlichen Gasatmosphären visuell abgemustert. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 4.

Die Abmusterung erfolgte nach einer 6 Punkte Skala, wobei 6 sehr gut, 5 gut, 4 befriedigend, 3 ausreichend (Grenze der Akzeptanz), 2 mangelhaft und 1 ungenügend war. Nach einem Tag Lagerung wies die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge die höchste Punktzahl auf. Es folgte mit 5 Punkten die CO-Versuchscharge und mit 4 Punkten wurde die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge eingestuft. Nach drei Tagen ergab sich ein ähnliches Bild wie am ersten Tag, wobei allerdings die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge noch weiter auf 3 Punkte abgesun-

ken war. Nach 7 Tagen erreichte die CO-Versuchscharge mit 6 Punkten die höchste Wertung. Am 10. und 14. Tag konnten bei dieser Charge 5 Punkte vergeben werden. Die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge erreichte nach 7 Tagen 5 Punkte, nach 10 Tagen 4 Punkte und nach 14 Tagen 3 Punkte. Es lässt sich feststellen, dass die CO-Versuchscharge am 7. Tag die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge übertroffen hatte, also besser im Rotton war. Das Fleisch der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge wurde nach 7 Tagen nur noch mit 2 Punkten beurteilt, was sich bis zum 14. Tag nicht mehr änderte. Diese Charge war nach visueller Beurteilung ab dem 7. Tag nicht mehr akzeptabel.

Dieser visuellen subjektiven Beurteilung soll eine objektive Erfassung der Farbdaten durch ein Messgerät gegenübergestellt werden. Es eignet sich dafür das CIELAB-Farbsystem. Von den drei Messwerten L\*, a\* und b\* soll nur der a\*-Wert berücksichtigt werden. Je größer ein positiver a\*-Wert ist, desto roter ist das Produkt.

Abbildung 5 zeigt die Veränderungen des a\*-Wertes bei Kotelettmuskulatur für die drei unterschiedlichen Begasungen während der Lagerung. Vom Ausgangs-a\*-Wert ausgehend sank zunächst der Rotton bei der CO-Versuchscharge unter den a\*-Wert der beiden anderen Chargen. Am 3. Tag nahm der Rotton deutlich zu auf a\*-Werte um 13 bei der CO-Versuchscharge. Während der gesamten Lagerung blieb der a\*-Wert bei dieser Charge am höchsten. Darunter befanden sich die a\*-Werte der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge. Die Werte für die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge lagen unterhalb der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge mit einer deutlichen Ausnahme am 14. Untersuchungstag. Worauf die Zunahme des a\*-Wertes am 14. Tag bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge zurückzuführen ist, kann nicht gesagt werden. Auch im Vergleich zur visuellen Abmusterung (Abb. 4) lässt sich keine Erklärung für das farbmtrische Ergebnis finden. Eventuell kann eine mehr punktförmige Erfassung des a\*-Wertes durch die instrumentelle Bestimmung des Farbtones dafür verantwortlich gemacht werden.

Bei der sensorischen Geruchsanalyse des rohen Fleisches (hier nicht dargestellt) konnte bis zum 7. Tag bei den drei Chargen kein Unterschied bestimmt werden. Es wurden 6 Punkte vergeben. Schweinefleisch hat bei einwandfreier Qualität einen sehr schwachen Geruch, der nur sehr schwer zu beschreiben ist. Die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge wies am 10. Tag einen Wert von 5 auf und am 14. Tag von 2 und war damit nicht mehr akzeptabel. Der CO-Versuchscharge wurden am 10. Tag 4 Punkte und am 14. Tag 6 Punkte gegeben. 6 Punkte wurden bei Schweinefleisch immer vergeben, wenn die Probe neutral roch. Die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge sank in der Bewertung am 10. Tag auf 5 Punkte und nach 14 Tagen auf 4 Punkte.

Interessant sind die Ergebnisse des Geruchs bei gegartem Fleisch. Abbildung 6 zeigt die sensorische Beurteilung des Geruchs bei gegarter Kotelettmuskulatur und den drei verschiedenen begasten Fleischproben. Die Punktbewertung der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge lag ausnahmslos unter der der CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge. Diese nahmen von einer Bewertung am ersten Tag von annähernd 5 Punkten kontinuierlich ab auf ungefähr 3,3. Die Werte der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge lagen am 7. Tag schon unter drei und sind damit nicht mehr akzeptabel. Der hohe O<sub>2</sub>-Gehalt bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge hat zu einem oxydativen Geruchsabbau geführt. Dies hat zu einer erhöhten Thiobarbitursäurezahl geführt, die ja Ranzigkeit anzeigt.

Bei dem gegarten Fleisch verlief die Bewertung des Geschmacks (hier nicht dargestellt) linear abnehmend. Die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge erhielt am 1. Tag 3,8 Punkte und am 14. Tag 2,8 Punkte. Nach 6 Tagen Lagerung wurde die 3 Punkte Grenze unterschritten und das Fleisch war damit nicht mehr akzeptabel. Die Haltbarkeitsangaben im Handel liegen bei 7 bis 9 Tagen. Die CO-Versuchscharge und die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge erreichten am 1. Tag 4,8 Punkte, die langsam abnahm auf 4 Punkte am 7. Tag. Bei der CO-Versuchscharge wurden nach 14 Tagen 2,7 Punkte festgestellt und 3

Punkte nach 14 Tagen Lagerungszeit bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge.

In Abbildung 7 sind die Tropfsaftverluste bei Kotelettmuskulatur unter verschiedenen Begasungen während der Lagerungszeit dargestellt. Die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge hatte die geringsten Tropfsaftverluste, etwas höher waren die Verluste bei der CO-Versuchscharge und deutlich höher bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge. Diese erreichte nach 14 Tagen fast 10 %. Die hohen Verluste sind auf die 100%ige Begasung mit CO<sub>2</sub> zurückzuführen, durch die der pH-Wert abgesenkt und so die Wasserbindung schlechter wurde.

Bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge stieg am 14. Tag die Thiobarbitursäurezahl auf 0,45 ppm MDA. An den anderen Tagen lagen bei allen Chargen die Werte unter 0,1 ppm MDA (Abb. 8 und 9).

Es ergeben sich aus den dargestellten Untersuchungsergebnissen folgende Schlussfolgerungen für Kotelettmuskulatur:

1. Hohe O<sub>2</sub>-Konzentrationen wirken keimhemmend.
2. Der Geruch des rohen Fleisches war bei der O<sub>2</sub>-Versuchscharge bis zum 10. Tag akzeptabel, bei der CO-Versuchscharge bis zum 14. Tag und bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge ebenfalls bis zum 14. Tag.
3. Der Geruch des gegarten Fleisches war nach 7 Tagen bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge nicht mehr akzeptabel, wohingegen bei der CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 14 Tagen der Grenzwert noch nicht erreicht war.
4. Im Geschmack der gegarten Kotelettmuskulatur war die Grenze der Akzeptanz für die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge nach 6 Tagen erreicht, für die CO-Versuchscharge nach 13 Tagen und für die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 14 Tagen. Dies bedeutet, die derzeit übliche und weit verbreitete Schutzgasverpackung von frischem Schweinefleisch führt bereits nach ca. 1 Woche Lagerzeit zu merklichen

sensorischen Qualitätsabweichungen, wahrscheinlich infolge oxidativer Fettveränderungen.

5. Die hellrote Farbe war nach einem Tag Lagerung bei der CO-Versuchscharge am ausgeprägtesten und blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum erhalten.
6. Der visuelle Farbeindruck des rohen Fleisches war ausreichend im Rotton bis 14 Tage bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, gut bei der CO-Versuchscharge und mangelhaft nach 3 Tagen bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge.
7. Die Tropfsaftverluste waren bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge am höchsten, es folgte die CO-Versuchscharge und am geringsten waren die Tropfsaftverluste bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge.
8. Bei der Verpackung der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge kam es zu starken Verwerfungen (Einziehungen) durch Diffusion des CO<sub>2</sub> aus der Verpackung.

Berücksichtigt man alle Untersuchungsparameter, vor allem die des Geruchs und Geschmacks des Fleisches sowie der Farbe, so ergibt sich für die CO-Versuchscharge (70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO) ein eindeutiger Vorteil. Diese Charge schneidet besonders gut im Aussehen (roh) ab und weist auch nach 14 Tagen im Geruch und Geschmack akzeptable Ergebnisse auf. Bei einem Anfangskeimgehalt von ca. 10<sup>8</sup> Keimen kann bei einer Lagerungstemperatur von +2 °C und der oben genannten Begasung der Kotelettmuskulatur annähernd 14 Tage gelagert werden.

#### *Roastbeef*

Der pH-Wert schwankte in dem Untersuchungszeitraum bei den Chargen zwischen 5,5 und 5,6. Die Keimzahlen bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge sind in den Abbildungen 10-12 dargestellt.

In Abbildung 10 sind die Gesamtkeimzahl, *Enterobacteriaceae*, Pseudomonaden, *Brochothrix* und Laktobazillen für eine Temperatur des Fleisches von +2 °C dargestellt. Ausgehend von einer Gesamtkeimzahl unter  $10^2$  stieg diese kontinuierlich auf unter  $10^4$  nach 14 Tagen Lagerung. Bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge wies *Brochothrix* die höchsten Keimzahlen auf. Die Laktobazillenzahlen lagen deutlich unter denen von *Brochothrix* und nahmen nach 7 Tagen sogar ab, wohingegen die Pseudomonaden auf niedrigem Niveau nach 14 Tagen Keimzahlen von  $10^2$  erreichten. Die Werte für die *Enterobacteriaceae* können vernachlässigt werden.

Abbildung 11 zeigt die Keimzahlen von Roastbeef bei der CO-Versuchscharge. Die Gesamtkeimzahlen nahmen bei dieser Begasung stärker zu und erreichten nach 14 Tagen fast  $10^6$  Keime. *Brochothrix* nahm langsam bis zum 7. Tag fast bis  $10^3$  Keime zu, um dann langsam abzunehmen. Hingegen stieg der Laktobazillenwert zu Beginn von unter 10 Keimen auf fast  $10^3$ . Langfristig setzten sich die Laktobazillen gegenüber *Brochothrix* bei der CO-Versuchscharge durch. Bei der Schweinefleischcharge war diese Tendenz (Abb. 2) stärker ausgebildet. Die Pseudomonaden blieben über den gesamten Untersuchungszeitraum unter  $10^2$  Keimen und die *Enterobacteriaceae* unter 10 Keimen.

In Abbildung 12 sind die Gesamtkeimzahlen, *Brochothrix* und Laktobazillen zu sehen. Bis zum 7. Tag blieben die Ausgangskeimzahlen weitgehend erhalten ( $< 10^2$  Keime). Danach nahm die Gesamtkeimzahl deutlich zu und erreichte nach 14 Tagen Werte etwas über  $10^4$  Keime. *Brochothrix* blieb deutlich unter  $10^2$  Keimen. Dies traf auch für die Laktobazillen zu. *Enterobacteriaceae* und Pseudomonaden traten nicht in Erscheinung.

In Abbildung 13 sind die Ergebnisse der visuellen Abmusterung für die Farbe bei Roastbeef dargestellt. Bis zum 7. Tag wies die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge mit 6 Punkten die höchste Bewertung auf, danach nahm sie

kontinuierlich auf 4 Punkte (befriedigend) nach 14 Tagen ab. Bei der CO-Versuchscharge wurden am 1. Tag 4 Punkte, am 3. und 7. Tag 5 Punkte und danach 6 Punkte vergeben. Nach 14 Tagen erreichte die CO-Versuchscharge noch ein gut in der Farbe. Die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge wurde am 1. Tag in der Farbe mit gut beurteilt. Danach ergab sich fast kontinuierlich ein Abfall auf 1 Punkt nach 14 Tagen. Die Charge erreichte nach 10 Tagen den kritischen Wert (ausreichend) von 3 Punkten.

Abbildung 14 zeigt die Veränderungen des a\*-Wertes bei Roastbeef für die drei unterschiedlichen Begasungen während der Lagerung. Zunächst gab es bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge für den a\*-Wert am 1. Tag einen Anstieg auf 24 ausgehend von 19. Langsam aber stetig nahm der a\*-Wert auf annähernd 20 am 14. Tag ab. Gerade umgekehrt verhielt es sich bei der CO-Versuchscharge. Ausgehend von einem a\*-Wert von 19 wurde nach 14 Tagen ein Wert von 23 erreicht. Es ergab sich bei der CO-Versuchscharge kontinuierlich eine Verbesserung der roten Farbe bei Roastbeef. Sehr schlecht wurde die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge beurteilt. Am 1. Tag lag ein a\*-Wert von 19 vor, der auf 17 am 3. Tag abnahm. Bis zum 10. Tag veränderte sich der Rotton nicht. Am 14. Tag wurde ein a\*-Wert von 10 festgestellt. Damit schnitt die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge von den drei Chargen in der Farbe am schlechtesten ab und wäre nicht zu empfehlen.

Die sensorische Geruchsanalyse des rohen Fleisches (hier nicht dargestellt) ergab für die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge die höchsten Bewertungen. Diese Chargen wurden durchgehend mit 6 Punkten beurteilt. Dies mag an der verhältnismäßig geringen Keimbelastung (Abb. 12) liegen. Um einen Punkt schlechter wurde die CO-Versuchscharge am 3. und 10. Tag beurteilt und um 2 Punkte schlechter am 14. Tag. Der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge wurden zu Beginn 6 Punkte und am 10. und 14. Tag 5 Punkte vergeben.

Die Ergebnisse der sensorischen Geruchsanalyse des gegarten Fleisches (hier nicht dargestellt) ergab, dass die drei verschiedenen begasten Roastbeefs in der Beurteilung nahe beieinander lagen. Am 1. Tag wurden 5 Punkte vergeben und nach 14 Tagen 4 Punkte. Lediglich die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge lag am 14. Tag bei 3,5 Punkten.

Die sensorische Beurteilung des Geschmacks des gegarten Roastbeefs (hier nicht dargestellt) ergab am 1. Tag 4,8 Punkte für alle drei Chargen. Nach dem 3. Tag nahm die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge auf 4,0 Punkte ab und erreichte am 14. Tag 2,7 Punkte. Die Grenze von 3 Punkten (ausreichend) war nach 12 Tagen unterschritten. Besser wurden nach 7 Tagen die CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge beurteilt. Bis zum 10. Tag war der Kurvenverlauf dieser beiden Chargen fast identisch. Nach 14 Tagen ergaben sich für das Fleisch der CO-Versuchscharge 3,7 Punkte und für die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge 4 Punkte. Obwohl die Farbe (Abb. 14; a\*-Wert) dieser Charge besonders schlecht am 14. Tag beurteilt wurde, war sie im Geschmack am besten. Man kann also nicht von dem Aussehen (Farbe, rohes Fleisch) auf den Geschmack (gegartes Fleisch) schließen.

Abbildung 15 zeigt die Tropfsaftverluste des rohen Fleisches unter den drei Begasungsarten. Der geringste Tropfsaftverlust ergab sich für die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge. Etwas größer sind die Verluste bei der CO-Versuchscharge und deutlich höher bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge.

Die Thiobarbitursäurezahl des Roastbeefs (hier nicht dargestellt) stieg bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge von 0,25 ppm MDA am 1. Tag auf 1,0 ppm MDA am 7. Tag und am 10. Tag von 1,0 ppm MDA auf 2,2 ppm MDA am 14. Tag. Bei der CO-Versuchscharge betragen die MDA-Werte über den gesamten Zeitraum von 14 Tagen unter 0,3 ppm. Dies konnte auch für die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge bis zum 10. Tag festgestellt werden. Danach stieg

der Wert auf 0,8 ppm MDA am 14. Tag an (Abb. 16 und 17).

Es ergeben sich aus den dargestellten Untersuchungsergebnissen folgende Schlussfolgerungen bei Roastbeef:

1. O<sub>2</sub>-Konzentrationen von 70 % wirken ähnlich keimhemmend wie CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von annähernd 100 %.
2. Visuell wurde die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge bis 7 Tage am besten beurteilt, danach die CO-Versuchscharge. Bis 10 Tage war die CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge farblich noch akzeptabel.
3. Farbmétrisch werden durch den a\*-Wert die gleichen Ergebnisse erzielt. Der a\*-Wert sollte bei Rindfleisch über 17 bis 18 liegen.
4. Im Geruch waren alle drei Chargen bis zum 14. Tag akzeptabel.
5. Das gegarte Fleisch war im Geruch und Geschmack bis 14 Tage bei den drei Chargen akzeptabel. Lediglich die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge fiel etwas ab. Das zeigte sich auch in einer höheren Thiobarbitursäurezahl.
6. Die Tropfsaftverluste waren bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge am größten, es folgte die CO-Versuchscharge und danach die O<sub>2</sub>-Kontrollcharge.

Wie die Fotos zeigen, kam es bei der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge durch Diffusion von CO<sub>2</sub> zu starken Verformungen der Packung.

Eine Gasmischung von 70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub> führt zu einer Erhöhung des a\*-Wertes nach einem Tag gegenüber dem Ausgangsfarbwert. Ebenfalls kommt es zu einer Erhöhung des Ausgangsfarbwertes bei der CO-Versuchscharge (70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO). In der Praxis spricht man nicht von einer Schönung des Fleisches bei einer Gasmischung von 70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub> (O<sub>2</sub>-Kontrollcharge). Aus diesem Grunde dürfte man auch bei der CO-Versuchscharge nicht von einer Schönung sprechen. Erhöhte Gaben an Vitamin E im Futter von Rindern haben auch zu einem höheren a\*-Wert

gegenüber der Kontrollgruppe geführt (AUGUSTINI und FREUDENREICH; 1996). Auch hier würde niemand auf die Idee kommen, von einer Schönung zu sprechen. Das zweite Argument gegen eine Gasmischung mit CO ist, dass CO sehr giftig ist. Der MAK-Wert liegt bei 30 ppm. In der hier angewandten Konzentration der CO-Versuchscharge liegt der CO-Gehalt bei 3000 ppm, das ist deutlich über dem MAK-Wert. Zum einen liegen solche Konzentrationen nicht im Arbeitsraum, sondern in der Verpackung vor und zum anderen ist CO (Dichte = 0,967) leichter als Luft und steigt nach oben, wenn es freigesetzt wird. Dadurch ist die Gefahr am Arbeitsplatz gesundheitliche Schäden zu erleiden gering. Einen umfangreichen Literaturüberblick zeigen STENZEL und FELDHUSEN (2004) auf.

Die Bindung des CO zum Hämoglobin des Blutes ist reversibel mit einer Halbwertszeit von etwa 4,5 Stunden. Ein kleiner Teil des CO wird im menschlichen Körper durch

Abbau von Hämoprotein gebildet. Dabei kommt es zu Konzentrationen von 0,5 % COHb. Die durchschnittliche Konzentration von COHb beträgt bei Nichtrauchern 1,2-1,5 % und bei Rauchern 3-4 % (1 % = 10.000 ppm). SØRHEIM *et al.* (1997) stellten eine Tabelle zusammen, bei der die Auswirkungen verschiedener CO-Konzentrationen auf die menschliche Gesundheit dargestellt sind. Danach sollte eine Konzentration von über 2 % COHb vermieden werden. Nach der Erörterung weitreichender gesundheitlicher Fragestellungen kommen SØRHEIM *et al.* zu dem Schluss, dass Gaszusammensetzungen, die niedrige Konzentrationen von CO (bis 0,5 %) und hohe Konzentrationen von CO<sub>2</sub> (bis 70 %) aufweisen, viele Vorteile bringen, vor allem im Hinblick auf die Haltbarkeit, Farbstabilität, Arbeitssicherheit und Unkosten. Die Anwendung jener CO-Konzentrationen stellt keine toxische Bedrohung der Mitarbeiter bei Verpackungsversuchen dar.

## Literatur

AUGUSTINI, C. und P. FREUDENREICH (1996): Vitamin E – Einsatz in der Rindermast. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach*; Nr. 132, S. 149-155.

BOTSOGLOU, N.A.; D.S., FIETOURIS; G.E. PAPAGEORGIU; V.N. VASSILOPOULOS; A.J. MANTIS and A.G. TRAKATELLIS (1994): Rapid, sensitive and specific Thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and foodstuff samples. *J. Chem.* 42, S. 1931-1937.

SØRHEIM, D., T. AUNE and T. NESBAKKEN (1997): Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat. *Trends in Food Science of Technology* 8, 1997, S. 307-312.

STENZEL, W.-R. und F. FELDHUSEN (2004): Aspekte der Verwendung von Kohlenmonoxid bei Fleisch und Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft* 84 (9), S. 131-136.



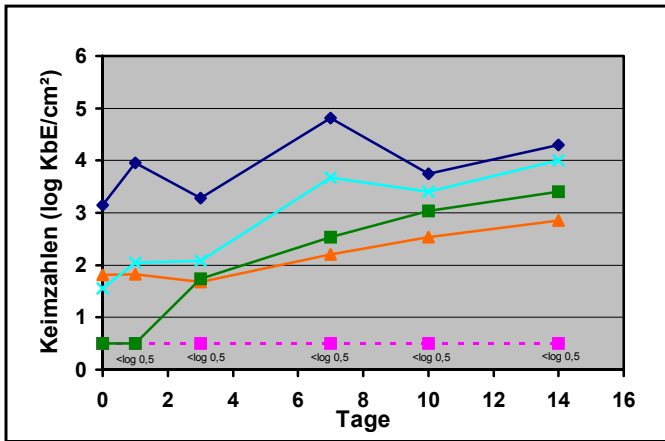


Abb. 1: Keimzahlen bei Kotelettmuskulatur und der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge

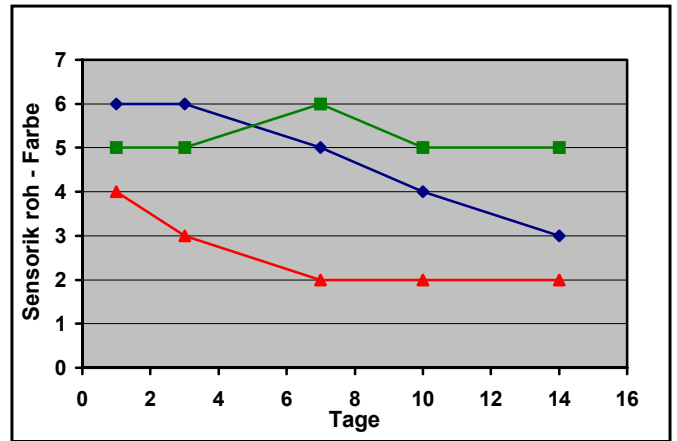


Abb. 4: Visuelle Abmusterung von Kotelettmuskulatur im rohen Zustand

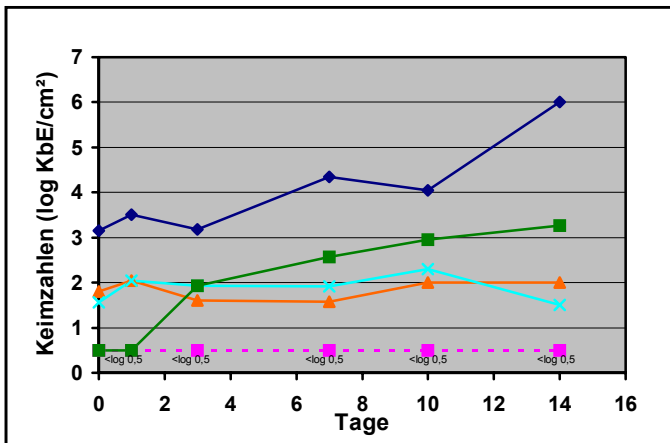


Abb. 2: Keimzahlen bei Kotelettmuskulatur und der CO-Versuchscharge

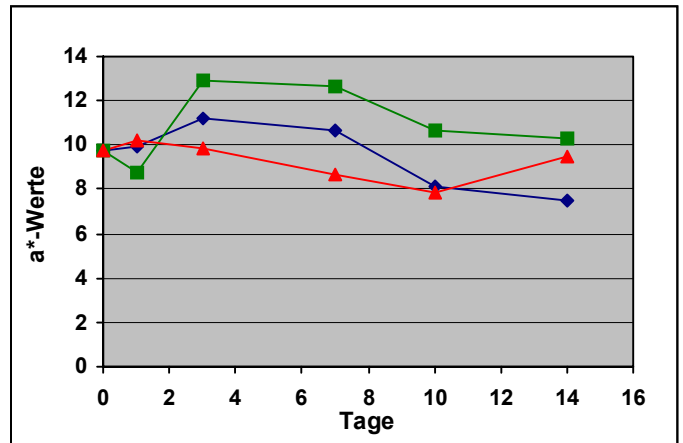


Abb. 5: Veränderungen des a\*-Wertes bei Kotelettmuskulatur während der Lagerung

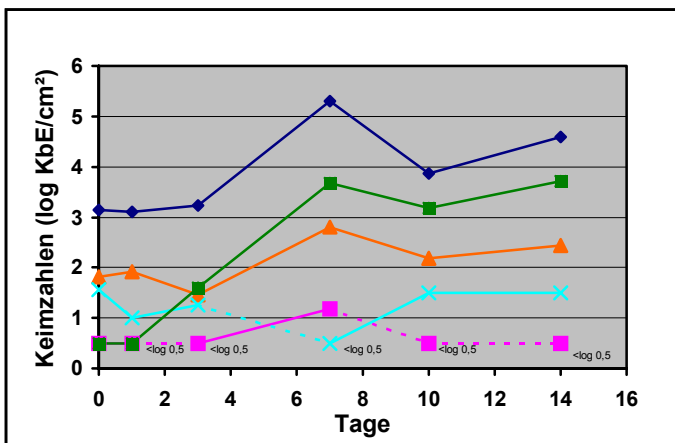


Abb. 3: Keimzahlen bei Kotelettmuskulatur und der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

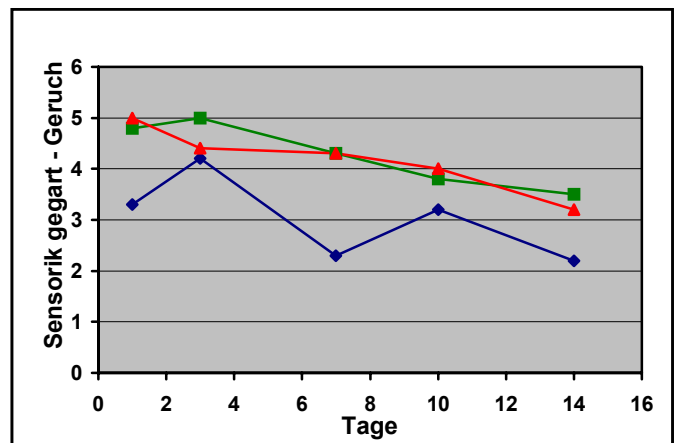


Abb. 6: Veränderungen des Geruchs bei gegarter Kotelettmuskulatur während der Lagerung

Legende Abb. 1 bis 3:

- ◆ Gesamtkeimzahl
- ▲ Pseudomonaden
- Laktobazillen
- ◆ Enterobacteriaceae
- × Brochothrix

Legende Abb. 4 bis 6:

- ◆ O<sub>2</sub>-Kontrollcharge
- ▲ CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge
- CO-Versuchscharge

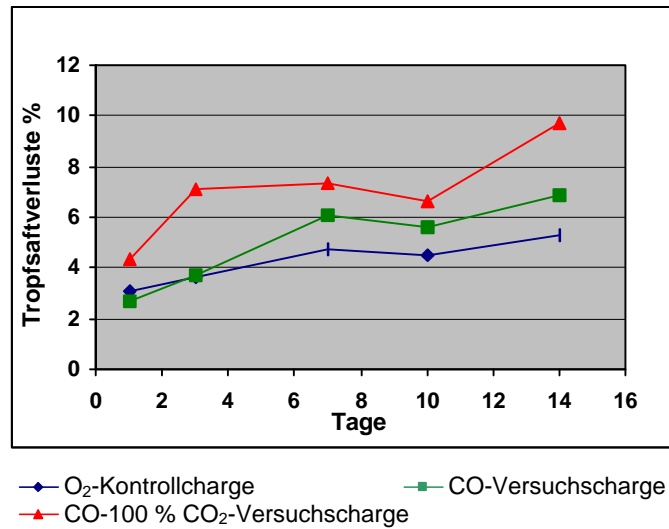


Abb. 7: Tropfsaftverluste bei Kotelettmuskulatur während der Lagerung

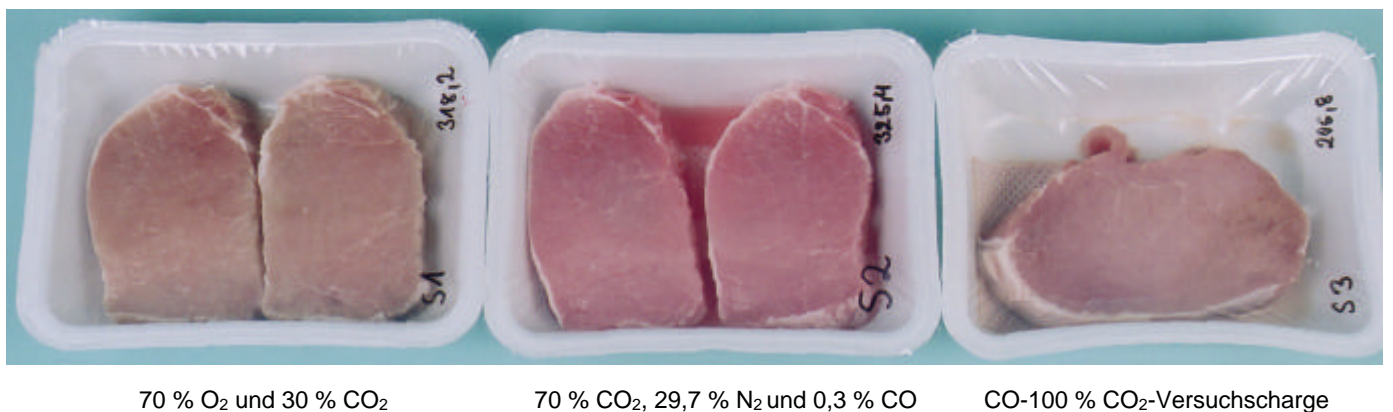


70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub>

70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO

CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

Abb. 8: Aussehen der Kotelettmuskulatur (Lachs) bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 7 Tagen Lagerung bei 2 °C



70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub>

70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO

CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

Abb. 9: Aussehen der Kotelettmuskulatur (Lachs) bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 14 Tagen Lagerung bei 2 °C

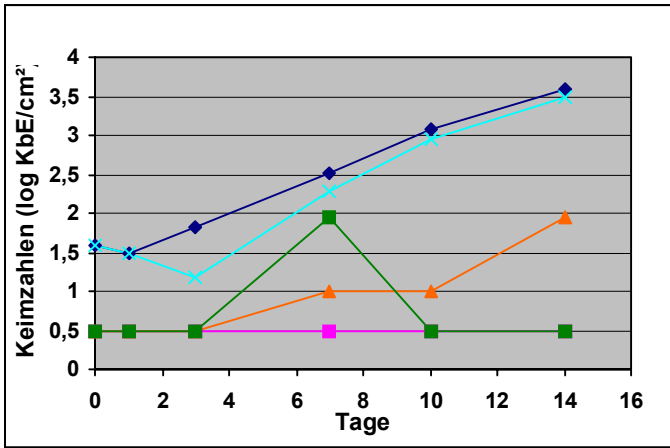


Abb. 10: Keimzahlen bei Roastbeef und der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge

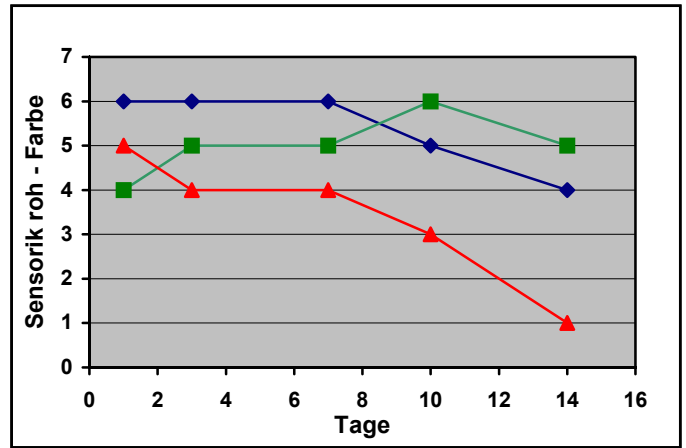


Abb. 13: Visuelle Abmusterung von Roastbeef im rohen Zustand

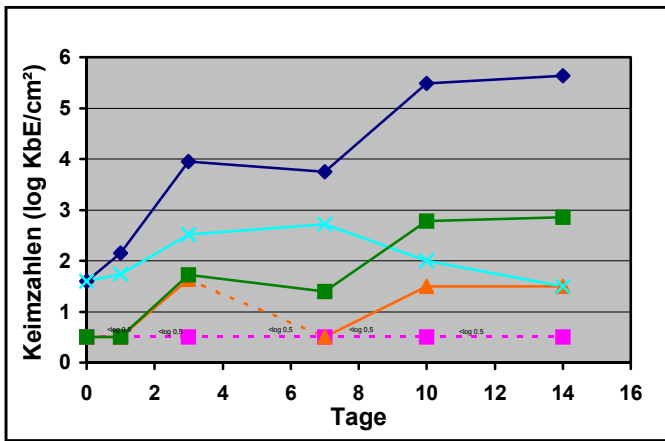


Abb. 11: Keimzahlen bei Roastbeef und der CO-Versuchscharge

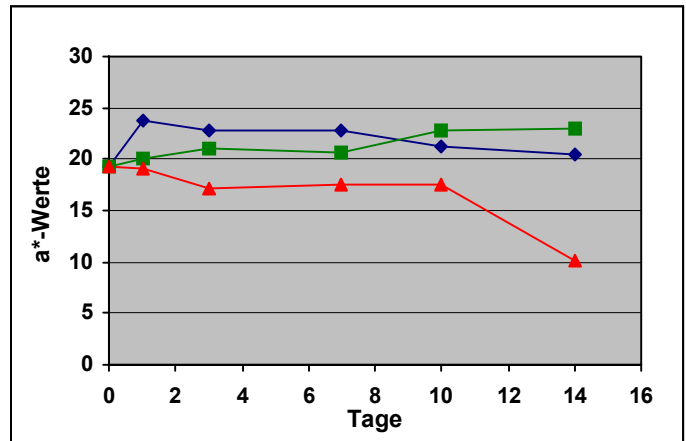


Abb. 14: Veränderungen des a\*-Wertes von Roastbeef während der Lagerung

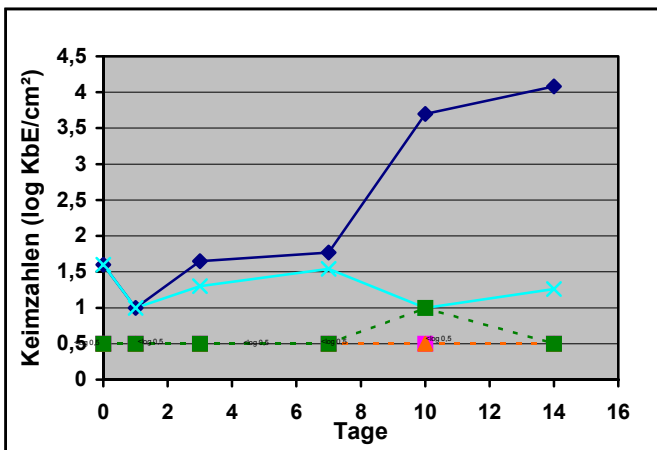


Abb. 12: Keimzahlen bei Roastbeef und der CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

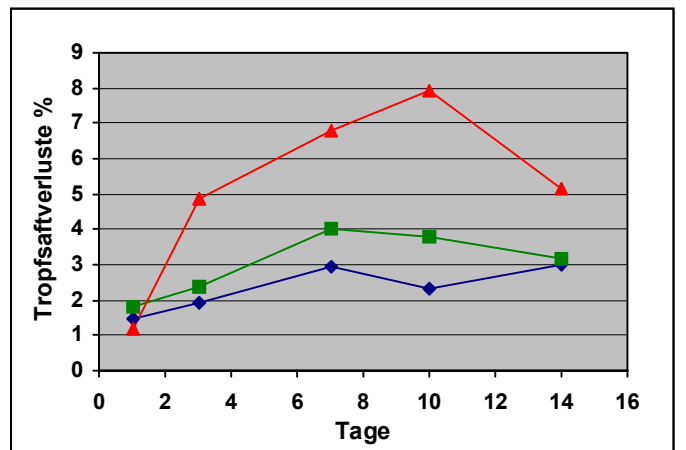


Abb. 15: Tropfsaftverluste bei Roastbeef während der Lagerung

Legende Abb. 10 bis 12:

- ◆— Gesamtkeimzahl
- ▲— Pseudomonaden
- Laktobazillen
- Enterobacteriaceae
- ×— Brochothrix

Legende Abb. 13 bis 15:

- ◆— O<sub>2</sub>-Kontrollcharge
- ▲— CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge
- CO-Versuchscharge

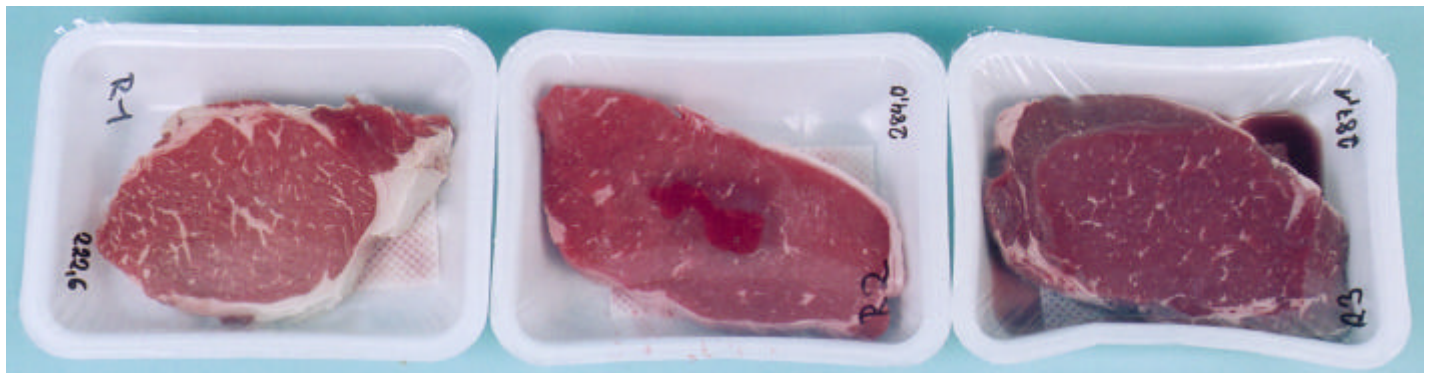


70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub>

70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO

CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

Abb. 16: Aussehen von Roastbeef bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 7 Tagen Lagerung bei 2 °C



70 % O<sub>2</sub> und 30 % CO<sub>2</sub>

70 % CO<sub>2</sub>, 29,7 % N<sub>2</sub> und 0,3 % CO

CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge

Abb. 17: Aussehen von Roastbeef bei der O<sub>2</sub>-Kontrollcharge, CO-Versuchscharge und CO-100 % CO<sub>2</sub>-Versuchscharge nach 14 Tagen Lagerung bei 2 °C