

Aufrötung von Rindfleisch durch Sauerstoffdruckbehandlung

3. Einfluss auf den sensorischen Status

High-pressure oxygenation of beef – 3. Impacts on sensory status and quality

P. NITSCH

Zusammenfassung

In den letzten Jahren taucht im Handel zunehmend Fleisch auf, welches eine unnatürlich starke Rotfärbung besitzt. Dies trifft sowohl auf Thekenware als auch verstärkt auf den SB-Bereich zu. Es weist eine intensiv rote Farbe im gesamten Anschnitt auf, bei größeren Stücken auch einen breiten, intensiv kirschroten Rand um einen scharf begrenzten, dunklen Kern, weil es oxygeniert worden ist. Dazu setzt man es Sauerstoff in hohen Konzentrationen unter erhöhten Drücken aus. Im Folgenden wird anhand der Untersuchungsergebnisse aus Dreieckstests von 163 O₂-druckbehandelten, 72 unter Vakuum und 89 unter Stickstoff gelagerten Proben dargelegt, dass derartig behandeltes Fleisch abweichend und negativ im sensorischen Status beeinflusst wird. Dazu wurde Frischfleisch von Jungbullen mit 100 % Sauerstoff bei 8 bar für 16 Stunden bei 2 °C behandelt. Vergleichsproben vom identischen Teilstück wurden in Vakuumbeuteln sowie in Stickstoff (70 %)-CO₂ (30 %)-MAP bei ebenfalls 2 °C gelagert. Messungen mit der elektronischen Nase flankierten hierbei die Ergebnisse messtechnisch.

Summary

Meat showing a thick, light red peripheral zone around a sharp edged, dark colored center resp. showing a light red color all over the whole section has been oxygenized. This is effected by exposure to concentrated oxygen combined with higher pressure for reaching an assumed better selling light-red meat colour. Here, its negative impact on the sensory status is shown based on triangle tests of 163 oxygenized, 72 vacuumized and 89 nitrogen-stored samples. Lean beef (*M. supraspinatus*) was treated with oxygen at 2 °C and 8 bar for 16 h. From the identical cuts reference specimens were stored in nitrogen-MAP and in *sous vide* pouches at 2 °C also. Comparative measurements with the electronic nose are confirming these results.

Schlüsselwörter

Sauerstoff – Sauerstoffdruckbehandlung – MAP – Frischfleisch – Farbe – Geruch – Aroma – Geschmack – sensorische Qualität

Key Words

oxygen – pressure – oxygenation – MAP – meat – colour – aroma – sensory status

Einleitung

Zunehmend wächst im internationalen Schrifttum nicht nur aus Gründen des negativen Einflusses auf die sensorische Qualität die Kritik an der Sauerstoffverpackung von Frischfleisch. So gibt es auch Belege auf vielfältige Wirkungen und Interaktionen von Sauerstoff in höheren als natürlich vorkommenden Konzentrationen und Fleisch, die über den Problemkomplex eines ranzigen Geschmacks hinausgehen. LAGERSTEDT *et al.* (2007) berichten aus Untersuchungen an in

Sauerstoff-MAPs (MAP=Modified Atmosphere Package) gelagerten Rinderhackproben, in der dabei übliche Gasmischung von 80 % Sauerstoff und 20% CO₂ (=sog. „80-20er“ MAP-Gemisch), über einen deutlichen Anstieg der Lipid- und Protein-oxidation. Es kam nahezu zu einer Verdoppelung des Fettoxidationsindikators TBARS in 8 Tagen. Aber sie bemängelten auch u.a. einen zunehmenden Altgeschmack der unter Sauerstoff-MAP bei 4 °C gelagerten Proben. Zudem hatte die Sauerstoffexposition überraschenderweise auch eine technologische Wirkung durch

einen messbaren Anstieg des Erhitzungsverlustes, also Wirkungen weit über geschmackliche Aspekte hinaus. Die Arbeit von LUND, HVIID und SKIBSTED (2007) bestätigt dies, da sie bei vergleichenden Analysen von in 100 % Stickstoff- zu 80-20er Sauerstoff MAPs gelagerten Beefpatties sowohl erwartungsgemäß massive Erhöhungen der TBARS-Werte, aber auch eine 2,4-Dinitrophenylhydrazin-Derivatisierung der Proteincarbonyle nachweisen konnten, was einen analytischen Beleg für einen Proteinverderb darstellt und somit eine chemische Wirkung von Sauerstoff über die Lipidanteile in Fleisch hinaus. Dies belegen auch die Ergebnisse von LUND *et al.* (2007), die eine signifikante Abnahme der Zartheit im sensorischen Status bei in Sauerstoff-MAP gelagertem Rind- und Schweinefleisch nachwiesen, wobei sogar schon nur nach 2-tägiger Lagerung eine Zunahme der Faserigkeit messbar war. Sie führen dies auf eine unter Sauerstoff unnatürlich ausgeprägte Vernetzung des Myosins zurück. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen ZAKRYS *et al.* (2008) bei ihren Untersuchungen an unter verschiedenen Sauerstoffkonzentrationen gelagerten Rindfleischproben. Eine Sauerstoffexposition führte durch Anstieg der Scherkräftmesswerte nach Warner-Bratzler zu messbar festeren Proben. Sie verweisen hierzu explizit auf eine große Reihe gleich lautender Sekundärliteratur, die diese sauerstoffbedingten Einflüsse auf die Konsistenz bestätigt und auf Proteindenaturierungsprozesse durch die Sauerstoffeinwirkung zurückführt. Auch geruchlich und geschmacklich waren die unter Sauerstoff gelagerten Proben auffällig. Sie weisen übrigens darauf hin, dass TBARS-Werte ab 0,6 mg MDA/kg Fleisch als abweichend wahrgenommen werden, wobei es allerdings auch Personen gibt, die erst Abweichungen ab Konzentrationen von 2 mg schmecken. FERIOLI, CABONI und DUTTA (2008) wiesen bei 80-20er-Sauerstoff-MAP unter Kühlagerung von 3-4 °C bei bis zu 15 Tagen gelagerten Rindfleischproben erhöhte Cholesteroxidwerte nach. Nach 8 Tagen war der Gehalt an Cholesteroxid um 200 % und nach 15 Tagen sogar fast 500 % zu nicht sauerstoffexponierten, konventionell gelagerten Kontrollen erhöht, wobei Cholesteroxide anerkannt toxische Substanzen mit diversen biologischen Wirkungen, speziell auch

im Zusammenhang mit degenerativen Erkrankungen geschehen wie Arteriosklerose oder auch Krebs darstellen, was durch Sekundärliteratur in dieser Arbeit mehrfach belegt wird.

Vor diesem Hintergrund galt es an Rindfleischproben zu klären, inwieweit eine Behandlung von Fleisch mit einer hochkonzentrierten Sauerstoffatmosphäre unter erhöhten Drücken Einfluss auf seinen sensorischen Status hat, zumal für eine Vermarktung im SB-Bereich derart behandeltes Fleisch in einer Sauerstoff-MAP anzubieten ist, da es sich sonst wieder über kurze Zeit entfärbt.

Material und Methode

Druckbehandlung. Es wurde das Fleisch einer Druckbehandlung bei 100 % O₂, 8 bar und 16 h im Kühlraum bei 2 °C unterzogen. Dies entspricht mit einer Durchdringtiefe in Rindfleisch von ca. 20 mm einer Druckbehandlung bei Temperaturen von 2 °C, Drücken von 15 bar und einer Zeit von 8 h. Die Lagerung aller Proben erfolgte weitgehend analog zu den Bedingungen im SB-Fleischbereich im Kühlraum bei 2 °C. Als standardisiertes Untersuchungsmaterial dienten schiere Muskelscheiben „falscher Lende“ (= *M. supraspinatus*) von 2 cm Dicke aus der Rinderschulter. Das Material stammt aus laufender Schlachtung von Jungbullen und kam als handelsübliche Ware 48 h durchgekühlt bei 2 °C zur Verwendung. Die Schichtdicke sollte handelsüblichen Zuschnitten z.B. von Schnitzeln/Rouladenfleisch entsprechen, da in der Praxis eine Sauerstoffaufrötung an kompletten Teilstücken aufgrund nicht kompletter Durchdringung und darauf beruhenden Farbunterschieden im Anschnitt (= dunkler Kern) nicht sinnvoll ist, sondern nur für möglichst stark zerlegtes Fleisch.

Als Druckkessel diente ein Edelstahlkessel aus dem Werkzeugbedarf des führenden Druckluftwerkzeugherstellers SCHNEIDER, der über Druckminderer und Manometer mit Druckluft resp. Gasgemischen bis 8 bar beaufschlagt werden kann und als Materialspender für fließfähige Werkstoffe ausgelegt ist. Die erforderliche Sauerstoffatmosphäre wurde durch Begasung aus handelsüblichen Sauerstoffflaschen unter ständiger Messung der Sauerstoffkonzen-

tration mittels frisch werkskalibrierem Gasanalysator Typ MFA 111 des Herstellers WITT-Gastechnik GmbH/Witten über ein Totrohr des Druckkessels eingestellt, der Druck mehrfach parallel über die Manometer der eingesetzten Druckminderer und des Kessels. Die erforderliche Begasungstemperatur wurde durch Lagerung auch unter Vorkonditionierung des Druckkessels in entsprechend eingestellten Kühlräumen des MRI gewährleistet.

Es kamen je 2 verschiedene Lagerungsverfahren gleichzeitig zur Untersuchung – unter Vakuum, resp. Stickstoff-MAP gelagerte Proben immer jeweils im Vergleich zu sauerstoffhochdruckbehandelten in O₂-MAP. Aus identischen Teilstücken wurden Scheiben parallel mit Sauerstoffdruck behandelt resp. in MAP oder Vakuum verpackt bei 2 °C gelagert und über die Dauer einer Woche parallel zueinander sensorisch untersucht.

Bei sauerstoffdruckbehandelten Proben wurden die Fleischscheiben in dem Druckbehälter so aufgehängt, dass sie nirgends anlagen und so möglichst ungehinderter Gasaustausch über die gesamte Probenoberfläche erfolgen konnte. Der Behälter wurde sofort druckdicht verschlossen und mit Sauerstoff bis zu einem Druck von 8 bar gefüllt, in den Kühlraum verbracht und dort bei 2 °C für 16 h gelagert. Danach wurden die Fleischscheiben entnommen, sofort in eine MAP-Packung verpackt, mit einer Sauerstoff-CO₂-Atmosphäre von 70 % O₂ und 30 % CO₂ beaufschlagt und analog zum Vergleichsmaterial bei 2 °C gelagert.

Für die Lagerung der Vergleichsproben unter Vakuum wurden die Fleischscheiben in Vakuumbbeutel bei möglichst geringem, aber praktikablen Restdruck von >10 mbar einzeln vakuumiert, dies zur gleichen Zeit, als die druckbehandelten Proben in den Druckbehälter kamen, verschweißt und im Kühlraum bei 2 °C gelagert. Analog dazu wurde bei allen in Stickstoffatmosphäre zu lagernden Vergleichsproben vorgegangen, wobei hier eine MAP-Packung mit einer Stickstoff-CO₂-Atmosphäre von 70 % N₂ und 30 % CO₂ Verwendung fand.

Durchführung der sensorischen Untersuchungen. Der Untersuchungszeitraum betrug 3 Tage, wobei die erste Untersuchung direkt zum Zeitpunkt der Entnahme aus der Sauerstoffdruckbehandlung erfolgte, also ohne eine dazu anschließende Lagerung, so dass auch rein darauf beruhende Effekte erfasst werden konnten. Täglich wurden nach jeweils 24 h je Lagerungsform 3 Proben von den Fleischscheiben randomisiert gezogen und bei einer Scheibendicke von 20 mm für 5 min 20 sec bei 160 °C für Rindfleischsensoriken standardisiert gegrillt. Die gegrillten Proben wurden frisch erhitzt je Prüfer einzeln verschlüsselt und in je Prüfer variierendem Aufbau des Prüfdreieckes vorgestellt, um als Doppelblindtest etwaige Vorbewertungen, „Erraten“ von Proben etc. möglichst auszuschalten und möglichst exakte Aussagen über die tatsächliche Erkennbarkeit der Behandlungsverfahren zu erhalten. So wurden daher auch die Prüfer variiert, um Effekte durch Eigenschulung auf etwaige charakteristische Unterscheidungskriterien möglichst zu minimieren. Die Probendreiecke wurden in Einzelprüfungen gemäß DLG-5-Punkteschema beurteilt.

Messungen mit der elektronischen Nase. Zum Zeitpunkt der Probenziehung für die sensorischen Untersuchungen wurde von allen Proben im Rohzustand ein Teil der Messung mit der elektronischen Nase unterzogen. Als Gerät diente hierbei das VOCmeter der Fa. Motech, Reutlingen, Deutschland. Die Methodik ist bei DEDERER und TROEGER (2000) im Detail dargelegt.

Untersuchung auf Fettverderb. Da über diesen Problemkomplex schon vielfach im Zusammenhang mit Sauerstoffexposition gearbeitet wurde, galt es nur orientierende Messungen mehrfach repliziert dazu vorzunehmen. Hierfür wurden die für dieses Projekt üblichen Rindfleisch-Proben aus falscher Lende (*M. supraspinatus*) für die Dauer von 16 Stunden in gesättigter Sauerstoffatmosphäre bei 2 °C druckbehandelt und danach in 80-20er-Sauerstoff-MAP verpackt gelagert zu ihren unter Vakuum resp. Stickstoffschutzgasverpackung gelagerten Kontrollproben aus den identischen Muskelstücken analytisch verglichen. Dies erfolgte, wie bei solchen Fragestellungen üblich, über eine Malon-

dialdehydmessung (= Bestimmung des MDA-Gehaltes).

Statistische Analyse. Zunächst galt es zu bestimmen, ob ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen sauerstoffdruckbehandelten und vakuum- resp. stickstoffverpackten Proben als Kontrollen konservativ behandelten, markteingeführten Fleisches in als Doppelblinddesign ausgelegten Dreiecksprüfungen sensorisch erfasst wird. Dazu galt es, die Verhältnisse zwischen erkannten und nicht erkannten Dreiecken resp. zwischen Bevorzugung der Kontrolle und fehlender Prävalenz der entsprechenden Probendreiecke zu untersuchen. Es handelt sich hierbei mathematisch gesehen um binominale Verteilungen, da die Werte nur 2 Zustände, erkannt/nicht erkannt resp. Kontrolle bevorzugt/nicht bevorzugt annehmen konnten. Die statistische Analyse der Wahl ist aufgrund der relativ kleinen Zahl von Werten hierzu der FISHER'S EXACT Test, mit dem sich die Signifikanz von Unterschieden zweier binominaler Verteilungen bestimmen lässt.

Ergebnisse und Diskussion

Sauerstoffdruckbehandeltes Fleisch gegenüber vakuumiert gelagertem. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,997 % besteht ein zu einer zufälligen Probenzuordnung hochsignifikanter Unterschied in der Erkennung sauerstoffdruckbehandelten Fleisches zu vakuumiert gelagertem. Dabei liegt die Erkennungsrate bei über 85 %, wobei hier nur Ergebnisse berücksichtigt wurden, bei denen alle Proben eines Dreiecks exakt dem Behandlungsverfahren zuordenbar bewertet wurden, also nicht nachvollziehbare Zuordnungen einer oder mehrerer Proben z.B. durch Verschleppung sensorischer Eindrücke unberücksichtigt blieben.

In 68 % der Proben wurden alle vakuumierten Proben als sensorisch höherwertig im Vergleich zu den sauerstoffdruckbehandelten bewertet, wobei diese Bewertungsrate ebenfalls zu 98,14 % signifikant ist. Sauerstoffdruckbehandeltes Fleisch wird gegenüber konventionell vakuumiert gelagertem Fleisch sensorisch sicher unterschieden und als sensorisch unterlegen bewertet.

Sauerstoffdruckbehandeltes Fleisch gegenüber einem unter Stickstoff-MAP gelagertem. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,94 % besteht zu einer zufälligen Zuordnung ein hochsignifikanter Unterschied in der Erkennung sauerstoffdruckbehandelten Fleisches zu in Stickstoff-MAP gelagertem. Dabei liegt die Erkennungsrate bei 77 %, wobei hier ebenfalls nur Ergebnisse berücksichtigt wurden, bei denen alle Proben eines Dreiecks exakt dem Behandlungsverfahren zuordenbar bewertet wurden.

In über 73 % der Proben wurden alle Stickstoff-MAP Proben als sensorisch höherwertig im Vergleich zu den sauerstoffdruckbehandelten bewertet, wobei diese Bewertungsrate zu 99,8 % signifikant ist. Sauerstoffdruckbehandeltes Fleisch wird gegenüber konventionell Stickstoff-MAP gelagertem Fleisch ebenfalls sicher unterschieden und als sensorisch unterlegen bewertet.

Unterschiede zwischen vakuumverpacktem und Stickstoff-MAP-verpackten Proben. Auf den ersten Blick scheinen die stickstoffbehandelten Proben sensorisch sogar etwas besser als die vakuumiert verpackten Proben bewertet zu werden, doch ist dieser Unterschied mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % statistisch nicht signifikant. Insgesamt wurden 80 % der untersuchten Proben als sensorisch höherwertig eingestuft. Ebenso bestehen auch keine signifikanten Unterschiede zur Erkennungsrate zwischen den beiden konventionellen Lagerungsformen, wobei die Erkennungsrate selbst bei 90 % liegt.

Zeitlicher Einfluss. Ein tendenzieller Einfluss der Lagerzeit ist auf die Erkennungsrate der Dreiecke und auf die sensorische Bewertung der Proben zu verzeichnen. Mit zunehmender Lagerdauer nimmt die sensorische Höherbewertung stickstoff-MAP- und vakuumverpackter Proben im Vergleich zu den sauerstoffbehandelten etwas ab. Dies hat seinen Grund offensichtlich in naturgemäß leichten sensorischen Veränderungen wie z.B. Aromaabflachung über die Lagerdauer (Abb. 1).

Die Erkennungsrate wird ebenfalls geringfügig beeinflusst. Vakuumverpackte Proben werden etwas sicherer erkannt als stickstoff-MAP-verpackte. Das ist auf

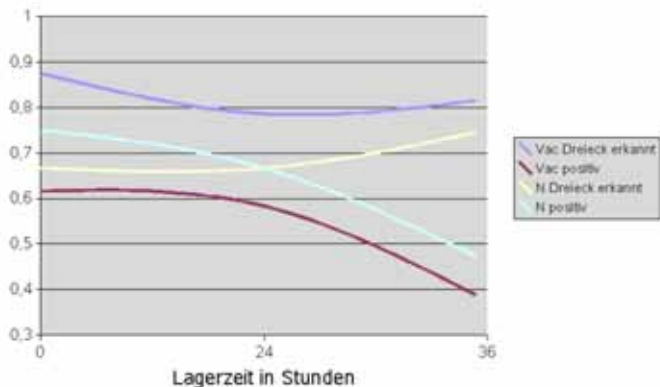


Abb. 1: Zeitlicher Einfluss auf die Erkennungsrate

deren deutliche Säuerung mit zunehmender Verpackungsdauer und das dadurch bedingte, für Frischfleisch dieses Verpackungstyps typische Aroma zurückzuführen. Die Erkennungsrate nimmt bei stickstoff-MAP-verpackten Proben über den untersuchten Zeitraum etwas zu, während sie für die vergleichsweise leichter erkennbaren vakuumverpackten Proben nahezu konstant bleibt.

Sensorische Bewertungskriterien im Einzelnen. Es zeigte sich, dass sich die sauerstoffbehandelten Proben in definierter Weise von den unbehandelten Kontrollen unterschieden. Neben Fehleransprachen, die in Zusammenhang mit Aromaabbau resp. Fettverderb typisch sind, wie „fehlende Frische“, „alt“, „dumpf“, „ranzig“ und

„Fleischaroma zu gering“, fallen zunächst unerwarteterweise auch strukturelle Mängel auf, wie „zu trocken“ (überaus deutlich!) und „strohig“. Dies deckt sich aber mit Arbeiten im internationalen Schrifttum zu Abweichungen in der Konsistenz O₂/CO₂-MAP-verpackten Fleisches zu konventionell verpackten Kontrollen und ist ein Beleg für die vielfältigen Wirkungen von Sauerstoff auch auf die Struktur von Fleisch.

Unbeanstandet waren von 163 sauerstoffbehandelten Proben lediglich 11 Stück, was 6,7 % der Proben entspricht (Abb. 2). Bei der Kontrolle waren dies hingegen 52 von 161 untersuchten Proben bzw. 33 %, wobei hier aber vornehmlich für diese Untersuchungen bedeutungslos, weil für sehr schlachtfisches Fleisch zu erwartende Konsistenzmängel zum Tragen kamen (s.u.). Schlüsselte man nach den unterschiedlichen Verpackungsformen der dazu korrespondierenden Kontrollproben auf, so wurden bei stickstoffgelagerter Kontrolle 10 sauerstoffbehandelte Proben nicht beanstandet, bei Vakuumlagerung lediglich eine.

Kontrolle und sauerstoffbehandelte Proben verhalten sich im Bezug auf Beanstandungsraten für „zu fest“, „zu zäh“ und „metallisch“ nahezu identisch. Fehleransprachen hinsichtlich zu fester oder zäher Konsistenz waren zu erwarten, da

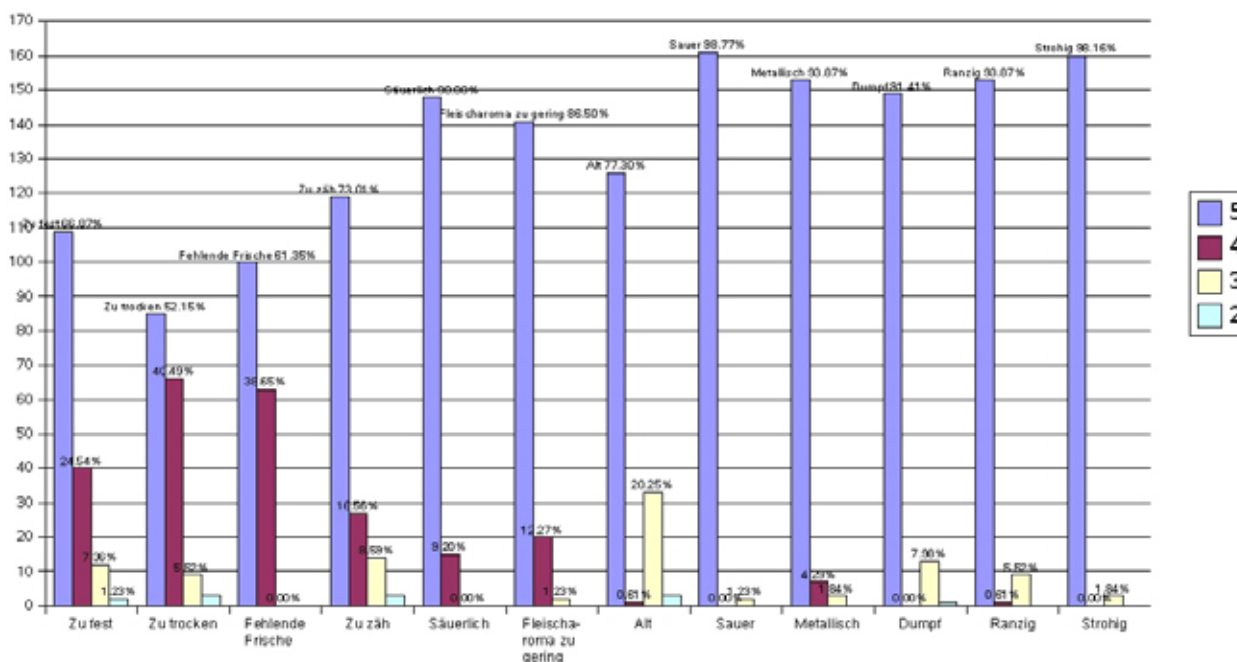


Abb. 2: Fehleransprache für alle sauerstoffbehandelten Proben (n = 163)

es sich um schlachtfrisches, ungereiftes Fleisch handelte, das im Allgemeinen nach kurzen Lagerzeiten Konsistenzmängel in dieser Richtung erwarten lässt und die daher auch nicht von Bedeutung für diese Untersuchungen waren (Abb. 3). Die Lagerung unter Vakuum führt über anaerob ablaufende vornehmlich mikrobiell bedingte Um- und Abbauvorgänge während der Lagerdauer zu einer Säuerung, die bisweilen sogar schon verbraucherseitig als typisch für Rindfleisch bewertet wird („Restaurantgeschmack“). Im Gegenzug verhält sich Fleisch unter Stickstoff-

lagerung weitgehend neutral und stabil gegenüber Aromaverlust. Von daher ist es von Interesse, ob Unterschiede in der sensorischen Bewertung sauerstoffbehandelter Proben im Bezug auf die unterschiedlichen Kontrollen bestehen (Abb. 4 und 5).

Im Vergleich zu stickstoffgelagerten Kontrollen fallen bei mit Sauerstoffdruckbehandeltem Fleisch die Mängel „fehlende Frische“, „zu trocken“, „zu zäh“ deutlich stärker auf als im Vergleich zu vakuumgelagertem Fleisch.

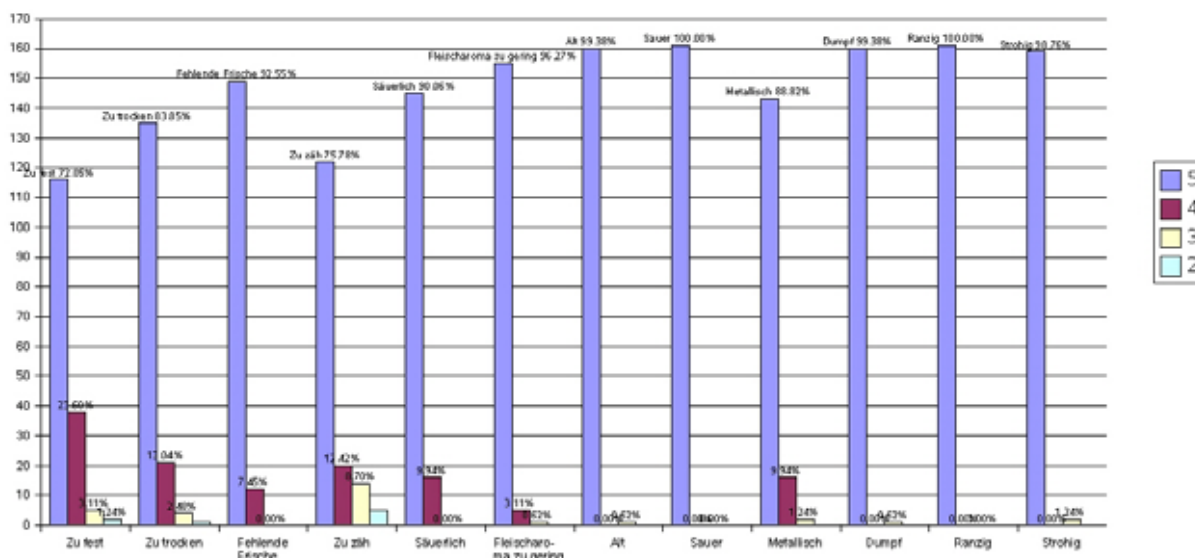


Abb. 3: Fehleransprache für alle Kontrollproben (n = 161)

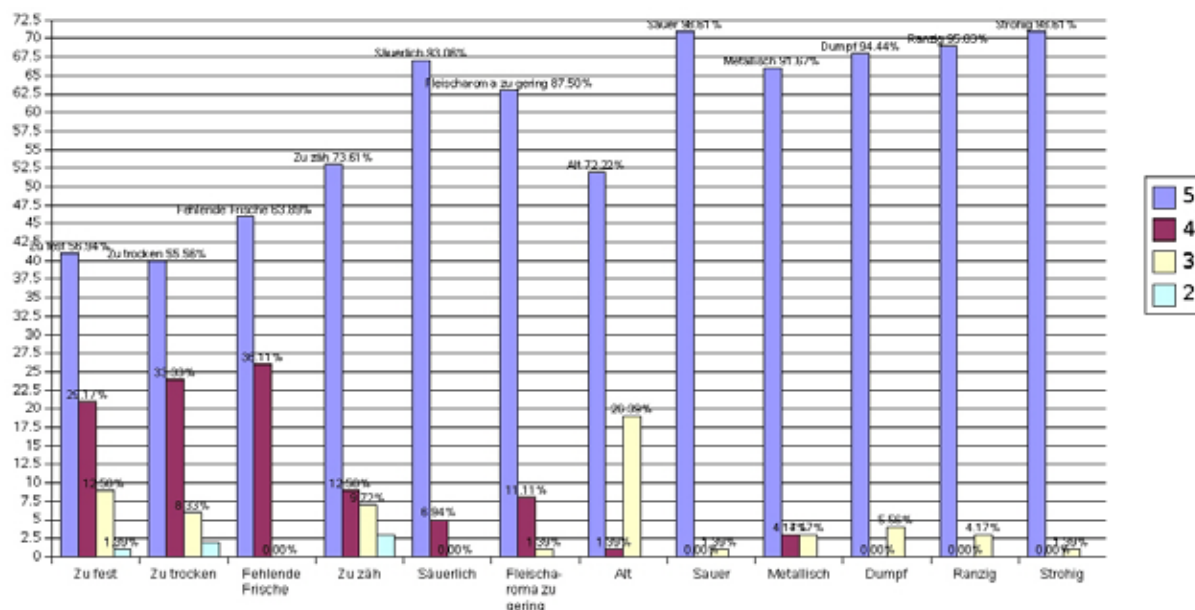


Abb. 4: Fehleransprache für Sauerstoffproben im Test mit vakuumgelagerten Kontrollen (n = 72)

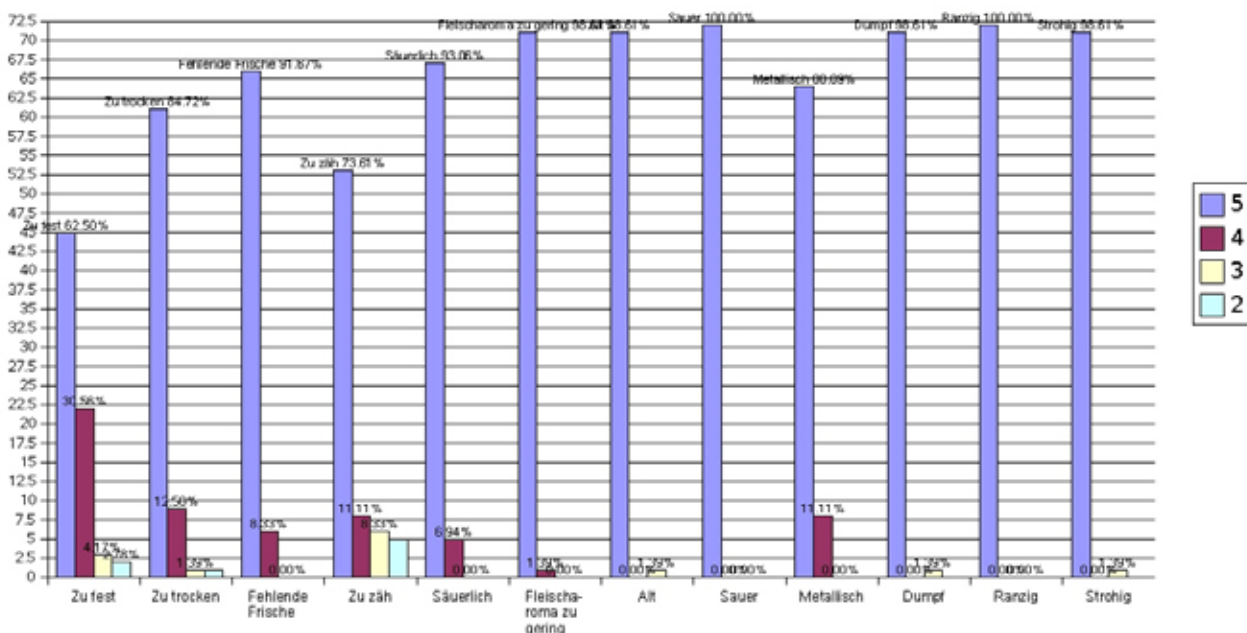


Abb. 5: Fehleransprache für vakuumgelagerte Kontrollproben (n = 72)

Etwas stärker fallen auch „dumpf“, „ranzig“, „strohig“ ins Gewicht. „Alt“ erfährt hingegen eine Reduktion (Abb. 6 und 7). Dies dürfte auf einer Verlagerung auf andere, nun deutlicher hervortretende Parameter geschmacklicher Defizite beruhen.

Geruchsprofilmessungen. Die Messungen der elektronischen Nase bestätigten die sensorisch gefundenen Unterschiede

zwischen den sauerstoffdruckbehandelten Proben zu den Kontrollen vakuumierter und stickstoffschutzgasverpackter Proben.

Wie man aus Abbildung 8 entnehmen kann, ändern Schutzgas- bzw. Vakuumkontrolle ihr Geruchsprofil über den 4-tägigen Beobachtungszeitraum gering, was an der starken Überlagerung ihrer jeweiligen Messdatencluster ersichtlich ist.

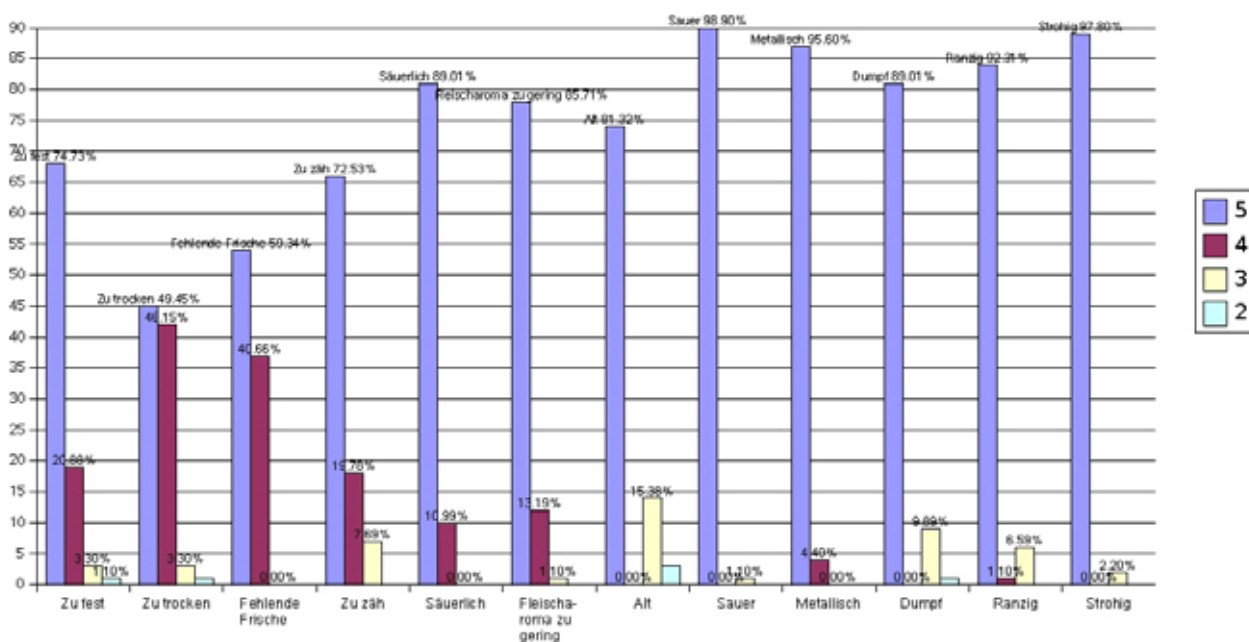


Abb. 6: Fehleransprache für Sauerstoffproben im Test mit stickstoffgelagerten Kontrollen (n = 91)

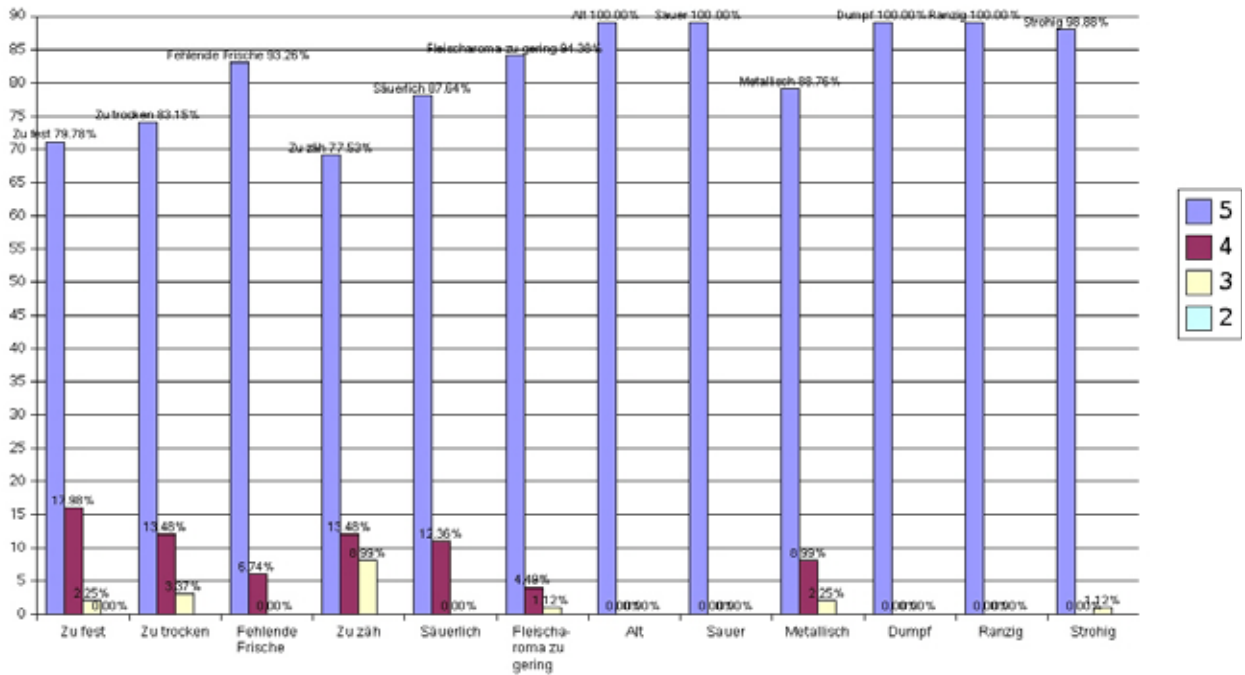


Abb. 7: Fehleransprache für stickstoffgelagerte Kontrollproben (n = 89)

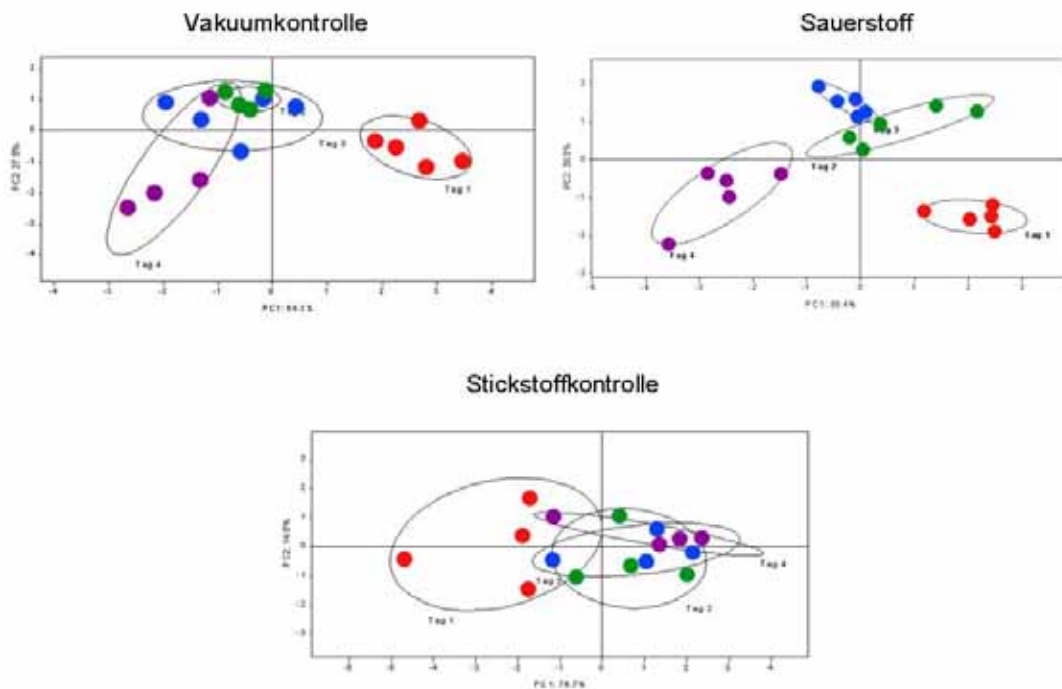


Abb. 8: Gegenüberstellung der Geruchsprofiländerungen aller drei Probenotypen

Ein bei der Vakuumkontrolle zu beobachtender Aromaunterschied zwischen dem ersten zu den folgenden Messtagen beruht übrigens auf der bei diesem Verpackungstyp typischerweise gegebenen mikrobiellen Säuerung, die naturgemäß bei der in Mischgas ausgeführten Schutzgasverpackung mit ihrem antimikrobiell wirksamen Kohlendioxidanteil fehlt.

Dahingegen weichen die Aromen bei den sauerstoffdruckbehandelten Proben täglich sehr deutlich schon untereinander ab.

Stellt man für gleiche Zeitpunkte die Kontrollen den sauerstoffdruckbehandelten Proben gegenüber, so sieht man, dass auch hier stets die Aromacluster sauer-

stoffbehandelter Proben deutlich in ihrer Lage von den Clustern der Kontrollen abweichen, während die Kontrollen zudem noch verhältnismäßig dicht beieinander liegen.

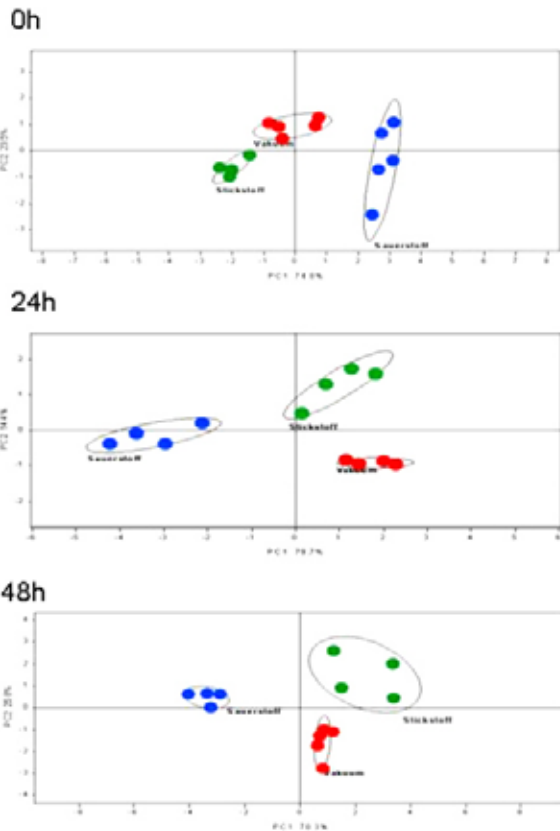


Abb. 9: Tägliche Gegenüberstellung der Geruchsprofile aller drei Probenotypen

Fettverderbskennzahlen. Bei den Untersuchungen wiesen alle Proben schon unmittelbar nach Entnahme aus der Druckbehandlung hohe MDA-Werte auf, die sich mit zunehmender Lagerung in ihrer Sauerstoff-MAP weiter erhöhten. Dabei lagen schon die Initialwerte nahe bei dem von ZAKRYS *et al.* (2008) angegebenen Wert von 0,6 mg MDA/kg Fleisch, welcher allgemein als abweichend wahrgenommen wird, und übertrafen diesen schon nach einem Tag deutlich, wohingegen die vakuumierten bzw. inert mit Stickstoff schutzbegasteten Kontrollen über den Beobachtungszeitraum weit darunter blieben - dies im Allgemeinen mit 0,05 MDA/kg Gewebe bei ca. 10 %. Dabei bleiben hier die Werte konstant resp. fielen sogar leicht ab (Abb. 10).

Auch im Vergleich zu einer in Bezug auf Fettverderb ungünstigen Lagerung unter freiem Luftzutritt zeigt eine über wenige

Stunden erfolgte Sauerstoffdruckbehandlung bei den hier untersuchten *M. supra-spinatus*-Proben vom Rind deutlich erhöhte Werte, die einer solchen Lagerung über Tage entspricht, wie Abbildung 11 zeigt.

Sogar bei deutlich zur Druckbehandlung erhöhter und bekanntlich damit die Fettoxidation begünstigender Temperatur von 7 °C liegen hier nach einer Expositionsdauer von 4 Tagen die MDA-Werte mit ca. 0,2 MDA/kg Fleisch nur bei der Hälfte der Werte derjenigen nach 16 Stunden Sauerstoffdruckbehandlung bei 2 °C. Dieses Verhalten macht man sich übrigens durchaus zu Nutze, um für sensorische Fragestellungen Fleisch definiert zu stressen bzw. beschleunigt künstlich zu altern. Quasi „über Nacht“ erhält man so Fleisch, das in seinem sensorischen Status weitgehend ca. einer Woche kühlgelagertem Fleisch entspricht.

Schlussfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sauerstoffdruckbehandeltes Fleisch sich sensorisch deutlich erkennbar von konventionell verpackten und gelagerten Proben unterscheidet und verbraucherseitig auch erkannt wird. Neben geruchlich-geschmacklichen Einbußen in Richtung des Komplexes „Ranzigkeit“ (= Altgeschmack, flaches Aroma etc.) zeigt derart behandeltes Fleisch unerwarteterweise auch deutlich wahrnehmbare strukturelle Mängel, die sich in einem zu trockenen Mundgefühl resp. Strohigkeit äußern. Dies ist im wissenschaftlichen Schrifttum für Frischfleisch in Sauerstoff-MAP mehrfach belegt und wird auf dadurch bedingte strukturell-chemische Veränderungen zurückgeführt.

Diese sensorischen Ergebnisse finden auch ihre messtechnische Bestätigung in unterschiedlichen Profilen bei Aromamessungen. Abweichend zu den Kontrollen zeigten sauerstoffdruckbehandelte Proben von Tag zu Tag deutliche Veränderungen über den Beobachtungszeitraum. Sie wiesen quasi täglich ein ausgeprägt anderes Aroma auf, was bei den Kontrollen nicht der Fall war. Ebenso unterschied sich das sauerstoffdruckbehandelte Fleischaroma über den Beobach-

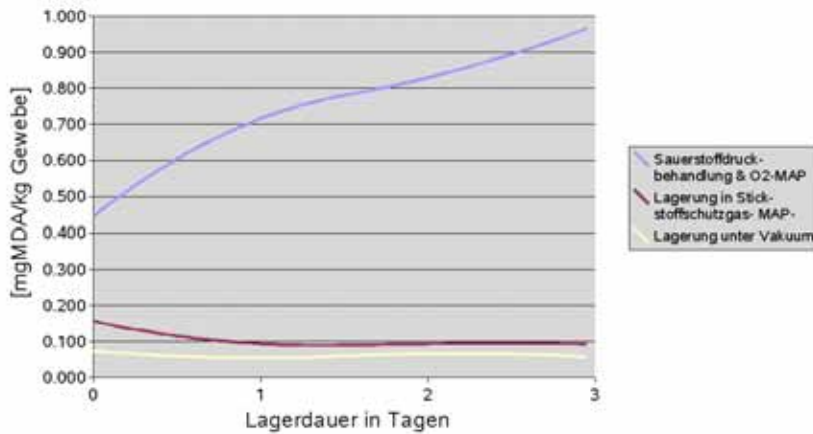


Abb. 10: MDA-Gehalte in Abhängigkeit der Lagerungsform

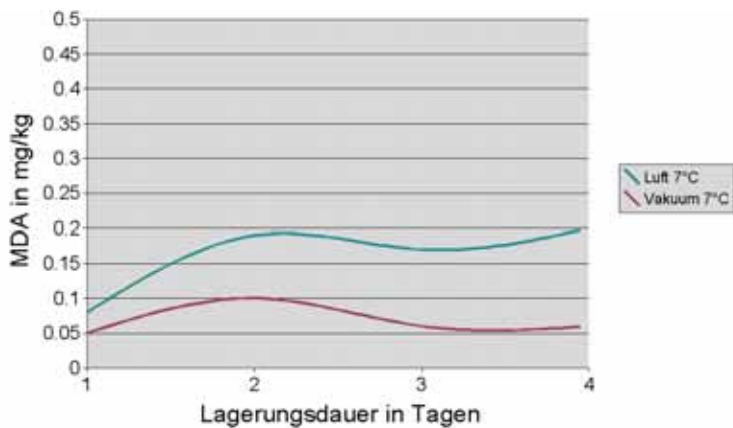


Abb. 11: MDA-Gehalte für bei 7 °C vakuumgelagerte und an Luft „kühlschrank“-gelagerte Rindfleischproben

tungszeitraum stets deutlich von demjenigen der Kontrollen, die zueinander wesentlich entsprechendere Aromaprofile aufwiesen, als jeweils zu dem der sauerstoffexponierten Proben. So entspricht auch messtechnisch das sauerstoffdruckbehandelte Fleisch zu keinem Zeitpunkt vakuumiert oder unter Schutzgas gelagertem Fleisch, sondern weist deutliche Abweichungen dazu auf. Schon nach wenigen Stunden unter erhöhtem Druck in Sauerstoffatmosphäre waren bei den untersuchten schieren Rindfleischproben massiv erhöhte Thiobarbiturfettsäuregehalte von sauerstoffdruckbehandelten Proben zu konventionell verpackten Kontrollen feststellbar. Diese steigerten sich zudem unter der Lagerung in Sauerstoff-MAP stetig weiter, während dies bei den Kontrollproben nicht erfolgte.

Literatur

DEDERER, I. u. K. TROEGER (2000): Erfassung von Aromakomponenten aus Rindfleisch unterschiedlicher Rassen/Kreuzungen mittels

Gassensoren (electronic nose), Mitteilungsblatt BAFF, 148, 729-737

LAGERSTEDT *et al.* (2007): Minced meat from beef packed in high oxygen modified atmosphere (MAP) - effects on sensory quality and oxidation products, 53rd ICOMST August 6-10, 2007 Beijing/China)

LUND, HVIID u. SKIBSTED (2007): The combined effect of antioxidants and modified atmosphere packaging on protein and lipid oxidation in beef patties during chill storage. Meat Science 76, 226-233

LUND *et al.* (2007): High oxygen atmosphere packaging affects meat tenderness and protein oxidation, 53rd ICOMST August 6-10, 2007 Beijing/China)

ZAKRYS *et al.* (2008): Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere, Meat Science 79, 648-655

FERIOLI, CABONI u. DUTTA (2008): Evaluation of cholesterol and lipid oxidation in raw and cooked minced beef stored under oxygen-enriched atmosphere, Meat Science 80, 681-685