

Fleischbeschaffenheit von der Schlachtung bis zur Vermarktung – Analytisch feststellbare Veränderungen

Meat quality from slaughter through to sale – Analytical detectable changes

J. BESTRY, R. SCHEUER und F. SCHWÄGELE

Zusammenfassung

Die Beschaffenheit von Fleisch und Fleischerzeugnissen wird durch eine Reihe von Faktoren bestimmt. Diese können das Produkt während der Produktion, der Lagerung und des Transportes beeinflussen. Einer der Faktoren in der Verarbeitungskette ist z. B. die Hygiene; sie bestimmt wie schnell der Verderb eintritt, denn dieser ist auch davon abhängig wie stark die mikrobielle Belastung des Fleisches ist.

Das Ziel des von BMBF finanzierten Verbundprojektes „FreshScan“ ist Veränderungen der Fleischbeschaffenheit im Verlauf der Verarbeitungs- und Logistikkette mit analytischen Methoden festzustellen und mit Daten aus den fluoreszenzspektroskopischen und laseroptischen Messungen in Bezug zu setzen. Mithilfe des Frischescanners, welcher sich aus einem Logistiklogger und einem Handdetektor zusammensetzt, sollen nicht-invasive Messungen der Fleischbeschaffenheit, auch durch eine Verpackung, möglich sein. Am Max Rubner-Institut in Kulmbach werden in Rahmen der Begleitanalytik (bio-)chemische Referenzmessungen durchgeführt. In den letzten Projektjahren konnten diese erfolgreich am Schweinefleisch etabliert werden. Zusätzlich wurden auch Testreihen an Rindfleisch und Putenfleisch durchgeführt. Gegenwärtig werden Gefrierprodukte untersucht.

Summary

The quality of meat and meat products is determined by numerous factors. These can affect the product during the production, the storage and the transport. One of the factors in the processing chain is e.g. hygiene. Hygiene determines how fast the spoilage occurs, because this is also dependent upon the microbial load of meat.

The aim of the BMBF-funded joint project “FreshScan” is to determine changes of meat quality during the processing and supply chain with analytical methods and to correlate the results with the fluorescence and Raman optical signals. The freshness scanner, a combination of logistic logger and handheld detector, will enable non-invasive measurements with respect to meat freshness, via packaging.

Max Rubner-Institut is responsible for the (bio-)chemical reference analysis. During the last project years this analysis could be successfully applied on pork. First tests on beef and turkey meat are finished and frozen products are currently being tested.

Schlüsselwörter FreshScan – analytisch feststellbare Veränderungen –
Fleisch und Fleischerzeugnisse

Key Words FreshScan – analytical detectable changes – meat and meat products

Einleitung

Seit etwa 60 Jahren beschäftigt uns nicht mehr die Frage nach dem Vorhandensein der Lebensmittel, sondern vielmehr die Sicherheit der Produkte, die wir verzehren. Beim Lebensmittelmonitoring werden Lebensmittel repräsentativ auf Gehalte an

gesundheitlich unerwünschten Stoffen untersucht. Es ergibt sich ein Überblick über die gegenwärtige Belastung der Lebensmittel. Im Falle gesundheitlicher Risiken können so frühzeitig Maßnahmen zum Schutze des Verbrauchers ergriffen werden. In den letzten Jahrzehnten spielt auch die Frage nach der Lebensmittel-

qualität eine Rolle. Entscheidend hierbei ist die Beschaffenheit der Produkte. Bezüglich der Rückverfolgbarkeit interessieren nicht nur die Herkunft des Lebensmittels, sondern auch die Verarbeitung und der Transport mit dazugehörigen Informationen wie die Dauer, die Art und die dabei herrschende Temperatur.

Der Gesetzgeber auf europäischer Ebene fordert in der EU-Verordnung 178/2002 im Artikel 18 die Errichtung von Verfahren und Systemen, mit denen die Rückverfolgbarkeit gewährleistet ist. Näher definiert sind aber diese Verfahren und Systeme nicht. Es existiert lediglich die Forderung nach Verfolgbarkeit und Auffindbarkeit der Ware und Rekonstruierbarkeit des Warenflusses. Außerdem sollen im Notfall die Rückrufaktionen erfolgreich durchgeführt werden können.

Bei näherer Betrachtung der Logistikkette am Beispiel Fleisch (Abb. 1) wird deutlich, wie komplex das System ist. Die Kette erstreckt sich vom Hersteller über mehrere Verarbeitungsschritte, den Transport, den Groß- und Einzelhandel bis zum Endverbraucher. Dabei soll das Lebensmittel den Kunden als sicheres, qualitativ hochwertiges Produkt erreichen. Auf der nationalen Ebene sind diese Anforderungen an die Sicherheit und Qualität von Fleisch und Fleischerzeugnissen im Lebensmittel-

und Futtermittelgesetzbuch verankert. Durch Laboranalysen und Gutachten erfolgt die Gewährleistung, wobei in den meisten Fällen die Analysen nicht nur zeit- und kostenintensiv verlaufen können, auch die Expertenmeinungen können subjektiver Art sein.

Das Verbundprojekt „FreshScan“ setzt an zwei Punkten an, um dem entgegenzuwirken. Einerseits besteht die Aufgabe in der Entwicklung eines Datenloggers, der die Logistikkette begleitet und relevante Informationen speichert. Dazu kann die Verfolgung der Temperatur und der Zeit gehören. Die zweite Aufgabe ist die Herstellung eines Handdetektors, der durch optische Messungen die Fleischbeschaffenheit beschreibt. Beide Teile bilden den Frischescanner.

Damit der Frischescanner aber Fleisch erkennen und beurteilen kann, sind zunächst Untersuchungen zur Beschaffenheit von Fleisch und Fleischerzeugnissen notwendig. Hierfür existiert innerhalb des Projektes die AG Beschaffenheit. Sie setzt sich aus drei Partnern zusammen: dem Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, dem Institut für Optik und Atomare Physik der Technischen Universität in Berlin und dem Max Rubner-Institut in Kulmbach.

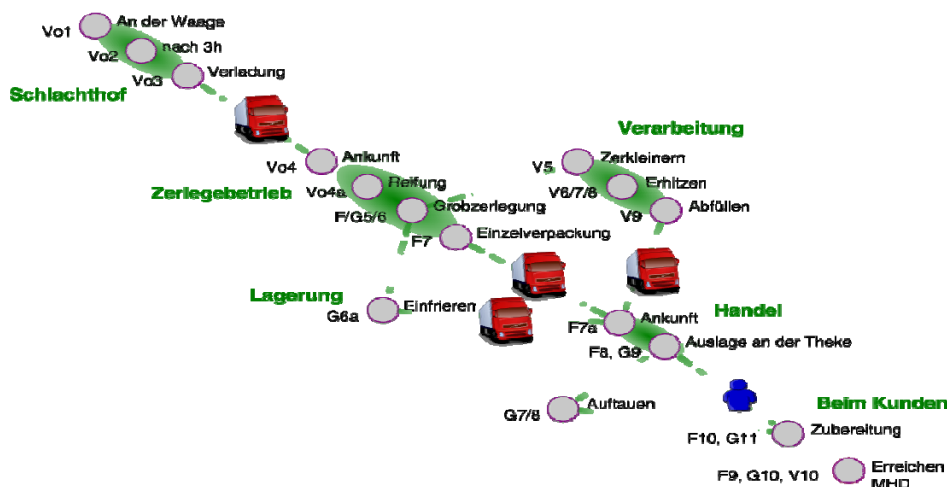


Abb. 1: Logistikkette bei Fleisch und Fleischerzeugnissen

In den vorangegangenen Projektjahren konnten Messungen an Schweinefleisch, am Rückenmuskel (*Musculus longissimus dorsi*, MLD) erfolgreich durchgeführt werden. So wurden Korrelationen zwischen der Verpackungsart und der Helligkeits- und Farbmessung sowie der Gesamtkeimzahl festgestellt. Des Weiteren konnte eine Abhängigkeit zwischen dem Alter der Probe und dem Gehalt an biogenen Aminen sowie der Gesamtkeimzahl nachgewiesen werden. Im Vordergrund steht das Ziel der AG Beschaffenheit spektrooptische Erkenntnisse mit entsprechenden Produkteigenschaften in Korrelation zu stellen, so dass eine produktbegleitende Beurteilung des Lebensmittels Fleisch möglich ist und zukünftig auf material- und zeitaufwändige Probenvorbereitungen verzichtet werden kann.

Im Jahr 2008 bis Mai 2009 konnten mithilfe von Wiederholungsmessungen die erhaltenen Ergebnisse an Schweinefleisch bestätigt und statistisch abgesichert werden. Außerdem wurde das Untersuchungsspektrum auf weitere Fleischarten erweitert, so wurden erste Testreihen mit Rindfleisch und Putenfleisch durchgeführt. Überdies wurden Gefrierprodukte untersucht. Hierfür musste die Messmethodik entsprechend angepasst werden.

Material und Methoden

Die mikrobiologischen Bestimmungen beinhalten, neben der Gesamtkeimzahl, die Bestimmung der Anzahl an Enterobakterien, Pseudomonaden und Milchsäurebakterien.

Für die physikalisch-chemischen Untersuchungen wurden folgende Messungen herangezogen: pH-Wert (Einstichelektrode), Leitfähigkeit, Impedanz (Wechselstromwiderstand), die Bestimmung löslicher Proteine (Ammoniumsulfat-Fraktionierung und photometrische Bestimmung), Farb- und Helligkeitsmessung (Oberflächenmessung im Bereich von 400-700 nm), die photometrische Bestimmung von Häm und NonHämEisen sowie der biogenen Amine mittels HPLC mit vorangegangener Vorsäulenderivatisierung.

Rindfleisch. Für die Messungen an Rindfleisch wurden Rückenmuskelstränge herangezogen. Bei dieser Untersuchung interessierte insbesondere ein möglicher Einfluss der Verpackungsart während der Reifung auf die Fleischbeschaffenheit. Der Muskel (*Musculus longissimus dorsi*) wurde hierfür entweder lose bzw. vakuumiert am Stück über einen vordefinierten Zeitraum und eine festgelegte Temperatur im Dunkeln gereift. Anschließend wurde der Muskelstrang von Knochen und Speck befreit und in Scheiben der Dicke von 2,5 cm geteilt. Diese Scheiben wurden einzeln in PE-Beutel verpackt und dunkel bei vordefinierter Temperatur gelagert.

Putenfleisch. Für die Untersuchungen an Putenfleisch wurde das Fleisch von männlichen Tieren herangezogen, da diese schwerer sind und somit eine größere Probenmenge liefern. Bei den Testreihen wurde das Brustfleisch untersucht. Hierzu wurde das Fleisch von Sehnen befreit und in zwei Teile geteilt, die dann in 8 Scheiben der Dicke von 2,5 cm aufgeteilt wurden. Diese wurden einzeln unterschiedlich verpackt, ein Teil der Proben vakuumiert und ein Teil lose in PE-Beuteln. Die Lagerung erfolgte dunkel bei vordefinierter Temperatur.

Nachfolgend werden einige ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen an Rindfleisch und Putenfleisch vorgestellt, der Schlachttag zählt als Tag 0.

Ergebnisse und Diskussion

Rindfleisch. Bei der mikrobiologischen Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Verpackungsart während der Reifung einen Einfluss auf die Mikrobiologie hat (Abb. 2 und 3). Trotz einer längeren Reifung der „vakuumierten“ Messreihe ist die gemessene Gesamtkeimzahl zu Anfang der Untersuchung in etwa gleich mit der „lose gereiften“ Reihe. Bei Messreihen, die über den gleichen Zeitraum und gleicher Temperatur gereift und untersucht wurden (hier nicht dargestellt), und sich lediglich in der Verpackungsart unterschieden, konnte festgestellt werden, dass der Effekt auch nach der Reifung bestehen bleibt. So nimmt die mikrobielle Be-

lastung der „lose gereiften“ Proben steiler zu als der „vakuumierten“.

Der pH-Wert blieb im Bereich von 5,5 bis 5,7, mit Ausnahme der Reihe 4, bis über den 30. Messtag konstant. Dann scheinen mikrobiologische und chemische Prozesse überhand zu nehmen und es kommt zu starken Schwankungen des pH-Wertes. Ein Unterschied zwischen den lose verpackt und den Vakuum verpackt gereiften Proben ist hier nicht zu sehen (Abb. 4).

Mit Hilfe der objektiven Farbmessung (L*a*b*-Farbsystem) werden die Helligkeit (L*-Wert) und die Farbwerte für Fleisch und Fleischerzeugnisse wiedergegeben. Dabei stellen der a*-Wert die rote und der b*-Wert die gelbe Farbe dar. Zwischen der

Reifungsart und der Farbe der Rindfleischproben konnten mithilfe der Helligkeit- und Farbmessungen allerdings keine Zusammenhänge festgestellt werden (Abb. 5-7).

Bei der Bestimmung des Gehaltes an löslichen Proteinen ergab sich kein Zusammenhang zu der Verpackungsart während der Reifung. Bei den vier Reihen kommt es tendenziell zu einer Abnahme des Gehaltes an löslichen Proteinen (Abb. 8). Dieses beruht wahrscheinlich auf der laufenden Proteolyse und der Diffusion der entstandenen Peptide aus der Fleischprobe.

Putenfleisch. Es wurden folgende Messreihen durchgeführt:

Tab. 1: Rahmenbedingungen der Untersuchungen an Putenfleisch

	Reihe 1 8 Scheiben	Reihe 2 8 Scheiben	Reihe 3 8 Scheiben	Reihe 4 8 Scheiben	Reihe 5 8 Scheiben	Reihe 6 8 Scheiben
Verpackung	lose	Vakuum	lose	Vakuum	lose	Vakuum
Temperatur	0 °C	0 °C	5 °C	5 °C	0 °C	0 °C
Lagerzeit*	9 Tage	9 Tage	13 Tage	13 Tage	15 Tage	15 Tage

*Schlachttag wird als Tag 0 gezählt

Bei der Messung des pH-Wertes konnte festgestellt werden (Abb. 9), dass dieser über einen Zeitraum von bis zu 6 Tagen konstant im Bereich von 5,8-6,0 blieb. Anschließend steigt er auf 5,9-6,1, bis es ab Tag 10 aufgrund des fortgeschrittenen Verderbs zu starken Schwankungen kommt. Ein Unterschied zwischen den lose verpackten und den Vakuum verpackten Proben ist hier nicht zu erkennen.

Bei der Helligkeits- und Farbmessung (Abb. 10-12) ist ein Einfluss der Verpackungsart nicht deutlich zu erkennen. Lediglich bei der Bestimmung des Blau-Gelb-Wertes (b*-Wert) kann eine Tendenz gedeutet werden. So bewegen sich die Werte für die Vakuum verpackten Proben im unteren Bereich im Vergleich zu den lose verpackten.

Ein stabil konstanter Wert über einen sehr langen Zeitraum ist aus der Untersuchung des Gehaltes an löslichen Proteinen zu

erkennen (Abb. 13). Trotz des fortschreitenden Verderbs und damit auch einer deutlich feststellbaren Geruchsveränderung kann man den Abbau der Proteine an der Bestimmung nicht festmachen.

Schlussfolgerungen

Die hier dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen an Rindfleisch ergaben, dass die Art der Verpackung, in der der Reifungsprozess stattfindet, die Mikroflora beeinflusst. Dieser Einfluss bleibt auch nach der Reifung weiter bestehen. Allerdings kann der Einfluss der Verpackung nicht mit Hilfe der Helligkeits- und Farbmessung festgestellt werden. Auch bei der Bestimmung des pH-Wertes konnte ein Zusammenhang mit der Verpackungsart nicht ermittelt werden.

Bei den Untersuchungen an Putenfleisch konnte festgestellt werden, dass der pH-

Wert sowie der Gehalt an löslichen Proteinen über einen langen Zeitraum konstant bleibt. Die eben genannten Bestimmungen sowie die Helligkeits- und Farbmessungen zeigten keinen Einfluss der Verpackungsart auf, lediglich bei der Bestimmung des b*-Wertes konnte eine Tendenz gedeutet werden.

Bei den Untersuchungen handelte es sich teilweise um erste Testreihen. Aufgrund dessen sind Wiederholungsmessungen notwendig, um die erhaltenen Ergebnisse zu bestätigen. Zurzeit werden Messungen an Gefrierprodukten durchgeführt, außerdem ist eine Ausweitung der Untersuchungen auf weitere Fleischarten geplant.

Insgesamt ist zu sagen, dass analytisch feststellbare signifikante Veränderungen erst spät eintreten, so dass eine frühzeitige Erkennung der Fleischalterung nur in Kombination mit spektraloptischen Methoden möglich ist. Erst dann ist eine prozessbegleitende Charakterisierung von Lebensmitteln auf Basis mikrosystemtechnischer Detektorvarianten entlang der Produktionskette sowie eine gleichzeitige schnelle und zerstörungsfreie Erfassung relevanter Daten direkt am Fleisch möglich.

Finanzielle Förderung und Partner

Das Verbundprojekt „FreshScan“ wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Träger: VDI/VDE Innovation und Technik GmbH; Partner: Institut für Optik und Atomare Physik sowie der Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik der Technischen Universität Berlin, Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Ferdinand Braun Institut für Höchstfrequenztechnik, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim und Max Rubner-Institut, Arbeitsgruppe Analytik, Kulmbach).

Literatur

VERORDNUNG (EG) Nr. 178/2002 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit

Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. April 2006 (BGBl. I S. 945), zuletzt geändert durch Artikel 12 des Gesetzes vom 26. Februar 2008 (BGBl. I S. 215)

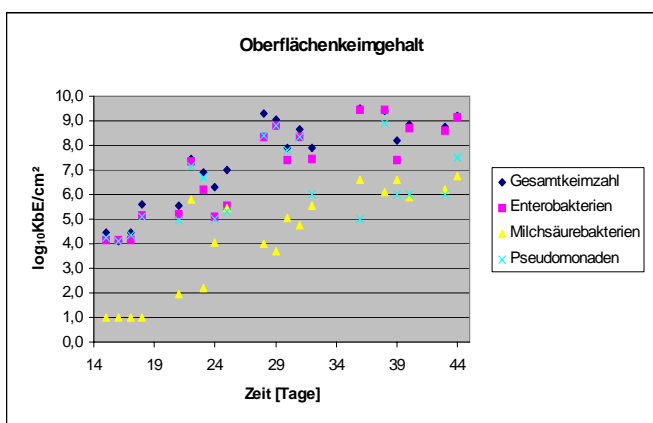


Abb. 2: Oberflächenkeimgehalt einer Rindfleischprobe. Reifung lose bei 0 °C über 14 Tage, anschließend gelagert bei 5 °C, Untersuchungszeitraum gesamt: 43 Tage (Schlachttag zählt als Tag 0) (KbE: Kolonie bildende Einheiten)

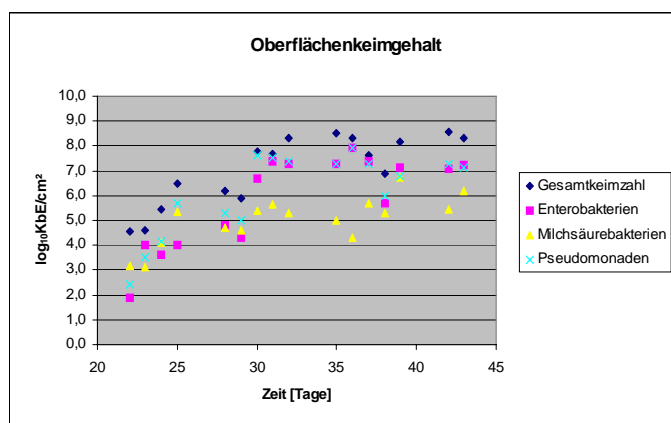


Abb. 3: Oberflächenkeimgehalt einer Rindfleischprobe. Reifung Vakuum verpackt bei 0 °C über 21 Tage, anschließend gelagert bei 0 °C, Untersuchungszeitraum gesamt: 42 Tage (Schlachttag zählt als Tag 0) (KbE: Kolonie bildende Einheiten)

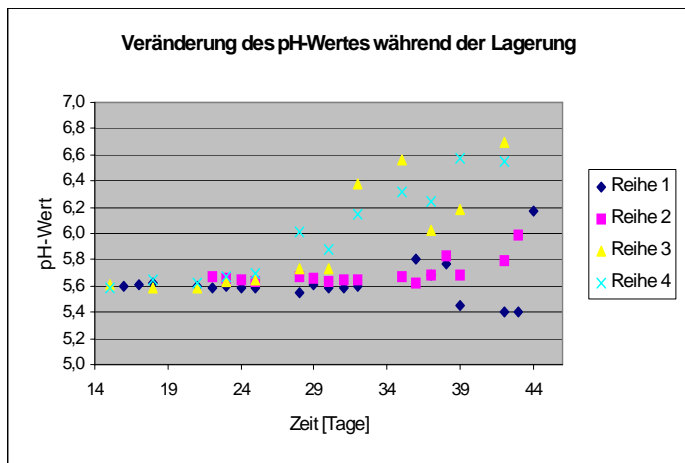


Abb. 4: Veränderung des pH-Wertes während der Lagerung von Rindfleisch

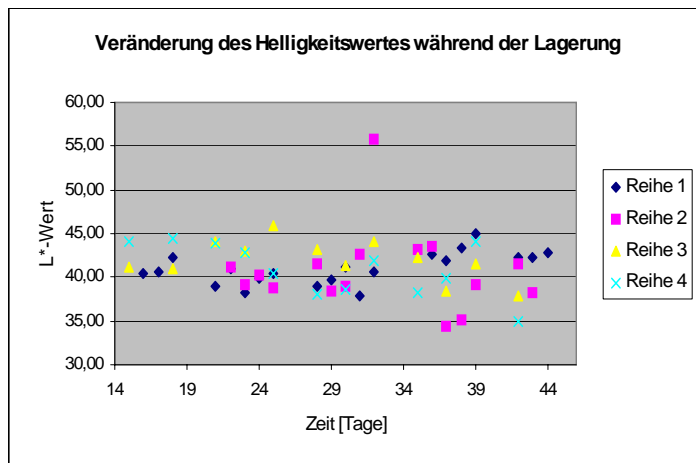


Abb. 5: Veränderung des Helligkeitswertes (L*-Wert) während der Lagerung von Rindfleisch

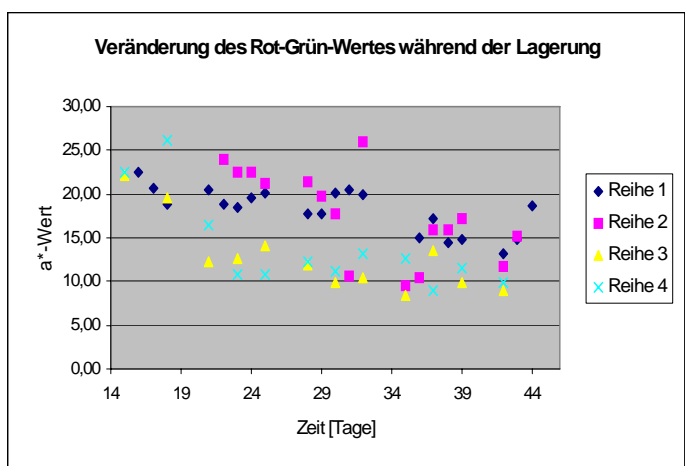


Abb. 6: Veränderung des Rot-Grün-Wertes (a*-Wert) während der Lagerung von Rindfleisch

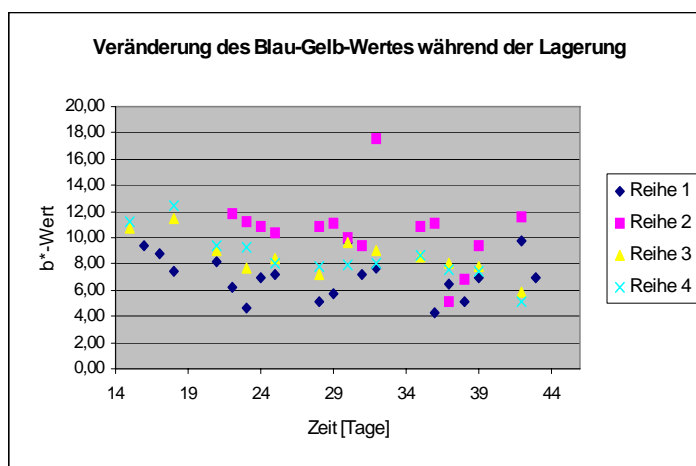


Abb. 7: Veränderung des Blau-Gelb-Wertes (b*-Wert) während der Lagerung von Rindfleisch

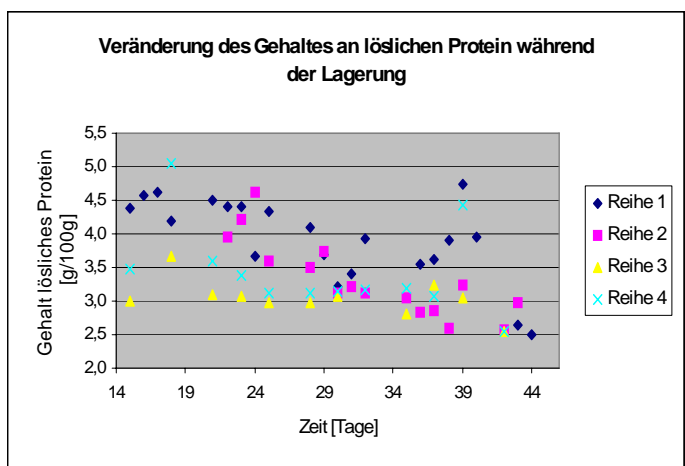


Abb. 8: Veränderung des Gehaltes an löslichem Protein während der Lagerung von Rindfleisch

Abb. 4 bis Abb. 8:

- Reihe 1: Reifung: unverpackt, 0 °C, 14 Tage; Lagerungstemperatur: 5 °C
- Reihe 2: Reifung: Vakuum verpackt, 0 °C, 21 Tage; Lagerungstemperatur: 0 °C
- Reihe 3: Reifung: Vakuum verpackt, 0 °C, 14 Tage; Lagerungstemperatur: 0 °C
- Reihe 4: Reifung: unverpackt, 0 °C, 14 Tage; Lagerungstemperatur: 0 °C

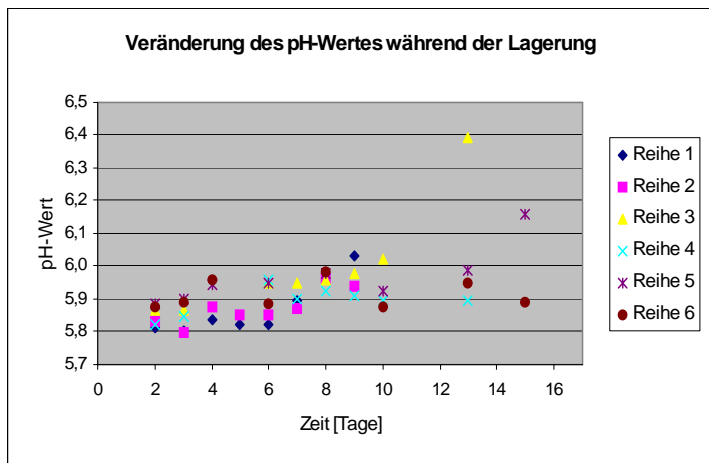


Abb. 9: Veränderung des pH-Wertes während der Lagerung von Putenfleisch

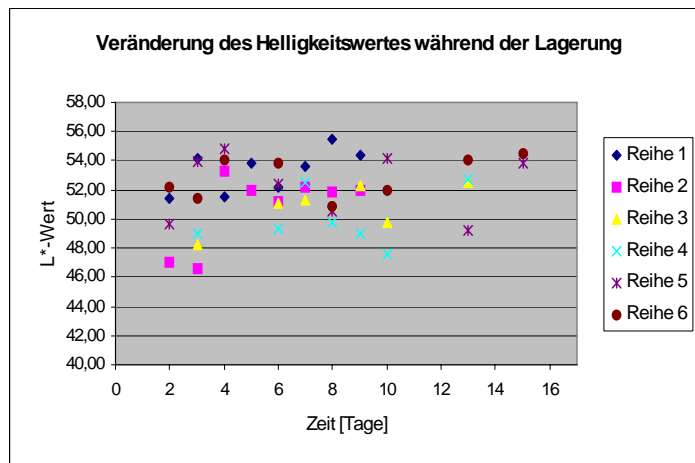


Abb. 10: Veränderung des Helligkeitswertes (L*-Wert) während der Lagerung von Putenfleisch

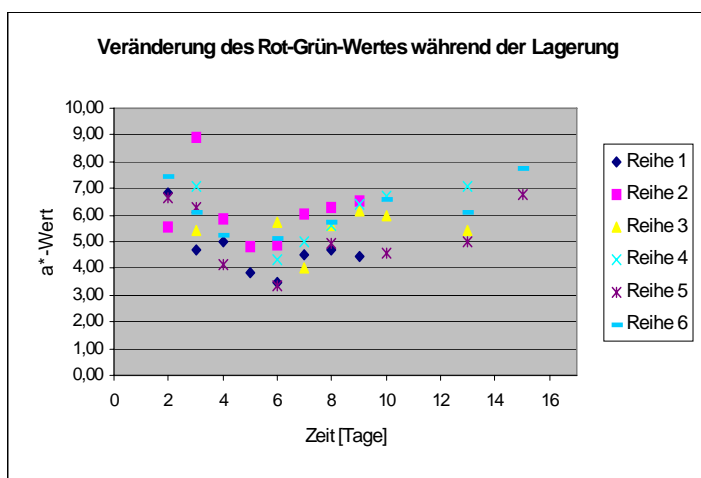


Abb. 11: Veränderung des Rot-Grün-Wertes (a*-Wert) während der Lagerung von Putenfleisch

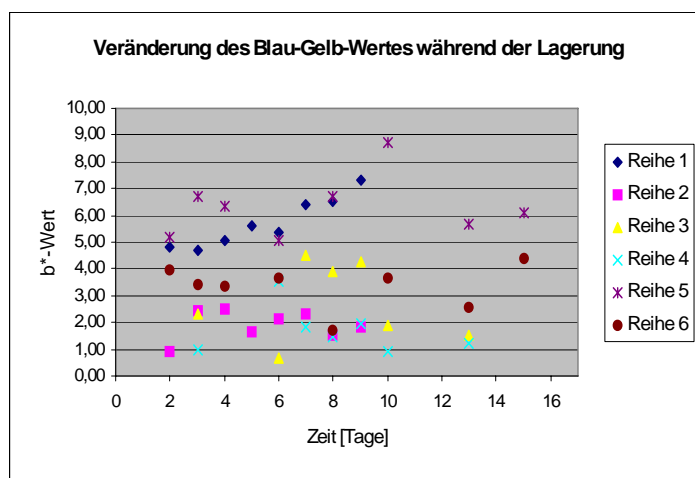


Abb. 12: Veränderung des Blau-Gelb-Wertes (b*-Wert) während der Lagerung von Putenfleisch

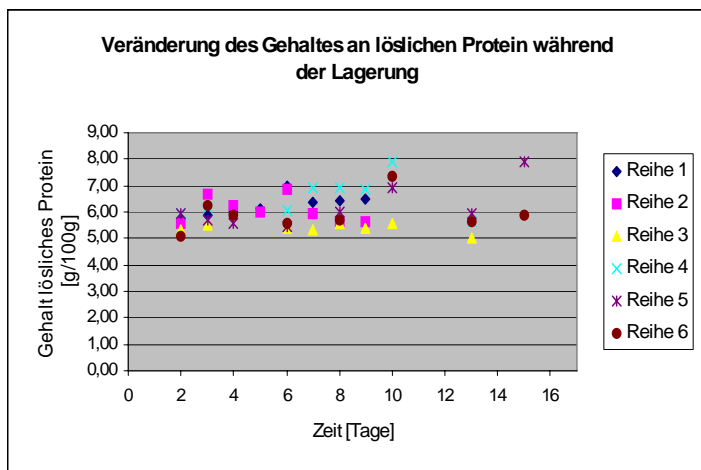


Abb. 13: Veränderung des Gehaltes an löslichem Protein während der Lagerung von Putenfleisch

Abb. 9 bis Abb. 13:

- Reihe 1: Lagerung: Lose, 0 °C, 9 Tage
- Reihe 2: Lagerung: Vakuum, 0 °C, 9 Tage
- Reihe 3: Lagerung: Lose, 5 °C, 13 Tage
- Reihe 4: Lagerung: Vakuum, 5 °C, 13 Tage
- Reihe 5: Lagerung: Lose, 0 °C, 15 Tage
- Reihe 6: Lagerung: Vakuum, 0 °C, 15 Tage

