

Verhalten von pathogenen *Escherichia coli* in kurzgereiften streichfähigen rohen Fleischerzeugnissen (Teil 1)

Behaviour of pathogenic *Escherichia coli* in short fermented spreadable raw sausage (part 1)

W. RÖDEL und R. SCHEUER

Zusammenfassung

Im vorliegenden ersten Teil unserer Berichtsreihe zum Verhalten von pathogenen *Escherichia coli* in kurzgereiften streichfähigen rohen Fleischerzeugnissen wird der Einfluss verschiedener (innerer) physikalisch-chemischer Parameter auf das Keimwachstum von *Escherichia coli* und die Entwicklung der Gesamtkeimzahl dargestellt. Es wird über den Einfluss des Wasseraktivitätswertes, des Säuregrades und der Zusatzstoffe Natriumnitrit und Natriumascorbat berichtet. Der Wasseraktivitätswert, der Säuregrad und die „Reifungs“-Temperatur wurden – soweit möglich – während des Versuchsablaufs konstant gehalten, um die Wirkung der Einzelgrößen – unabhängig voneinander – interpretierbar zu machen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Absenkung des Wasseraktivitätswertes und die Säuerung des Produktes einen dominanten Einfluss auf die Hemmung des Wachstums und das Absterben der pathogenen *E. coli*-Keime hatten. Erhöhte Mengen an Natriumnitrit zeigten ebenfalls eine – wenn auch deutlich schwächere – Wirkung. Zugaben von Natriumascorbat verstärkten in dieser Versuchsanordnung die Wirkung von Natriumnitrit geringfügig, wobei eine Erhöhung des Ascorbatwertes von 500 auf 1000 ppm keine weitere Verstärkung der Wirksamkeit ergab.

Summary

In this first report on the behaviour of pathogenic *Escherichia coli* in briefly fermented spreadable raw sausage will be reported about the influence of the internal physical and chemical parameters on growth of *Escherichia coli* and on the development of the total count. It will be reported on the influence of the water activity, the degree of acidification and on the influence of the additives sodium nitrite and sodium ascorbate. The water activity, the degree of acidification and the ‘ripening’ temperature have been kept stable – as far as possible – during our investigations, so that the effect of the different parameters can be interpreted independent from each other. Our results show that the reduction of the water activity and the acidification of the product have the most dominate effect on the growth inhibition and death of the pathogenic *Escherichia coli* germs. Higher amounts of sodium nitrite and sodium ascorbate have likewise – however a much weaker – influence. Addition of sodium ascorbate increased the influence of sodium nitrite in a small degree, but the increase of sodium ascorbate from 500 to 1000 ppm did not show a further improvement of the effect.

Schlüsselwörter pathogene *Escherichia coli* – Rohwurst – Produktsicherheit

Key Words pathogenic *Escherichia coli* – raw sausage – product stability

Einleitung

Keime der Gattung *Escherichia coli* (*E. coli*) sind normalerweise harmlose Symbionten der menschlichen Darmflora, wie auch bei allen anderen warmblütigen Lebewesen. Unter dieser Spezies gibt es

aber auch einige pathogene Serotypen. Diese Serotypen werden nach ihren Wirkmechanismen verschieden benannt: **EPEC** (enteropathogenic, *E. coli*), **ETEC** (enterotoxigenic *E. coli*), **EIEC** (enteroinvasive *E. coli*), **EAEC** (enteroadherent *E. coli*), **EHEC** (enterohaemorrhagic

E. coli). Daneben tauchen noch häufig die Begriffe **VETC** (Verotoxin bildende *E. coli*) und **STEC** (Shigatoxin bildende *E. coli*) auf. Diese beiden letztgenannten Begriffe sind synonym zu verwenden und umfassen alle Vertreter der enterohaemorrhagischen *E. coli*, auch die Serovare, die nicht als EHEC bezeichnet werden können. Die Einteilung der verschiedenen pathogenen *E. coli*-Spezies in die einzelnen Gruppen wird von den auf diesem Gebiet tätigen einzelnen Arbeitsgruppen noch nicht ganz einheitlich gehandhabt. *E. coli* wird ein hohes „Evolutionspotenzial“ zugeschrieben, mit der Fähigkeit, neue pathogene Varianten zu generieren (DONNENBERG und WHITTAM, 2001).

Wiederkäuer, insbesondere Rinder, gelten als Hauptüberträger von pathogenen *E. coli* (CHAPMAN *et al.*, 1993; CHAPMAN *et al.*, 1997; RICHTER *et al.*, 1997; CHAPMAN *et al.*, 2000; ELDER *et al.*, 2000; BONARDI *et al.*, 2001). Die Tiere selbst zeigen dabei keine Symptome einer Erkrankung (asymptomatische Träger). Aber natürlich ist auch die Übertragung von jeder anderen (warmblütigen) Tierspezies möglich, auch die Übertragung von Mensch zu Mensch (HUBER *et al.*, 1997).

Die meisten Erkrankungen werden jedoch auf den Verzehr von rohen oder nicht ausreichend erhitzten Lebensmitteln zurückzuführen sein, auch kurzgereifte rohe Fleischerzeugnisse werden als Überträger genannt (BUCKLE, 1995; BÜLTE, 1995; BÜLTE *et al.*, 1996; GAREIS *et al.*, 1997; KOFOTH, 1998; RICHTER *et al.*, 1998; PICHNER *et al.*, 2000). Verschiedene Hersteller entsprechender kurzgereifter Rohwurstprodukte verzichten aufgrund zahlreicher Warnungen daher gänzlich auf den Einsatz von Rindfleisch und verwenden ausschließlich Schweinefleisch. Diese Betriebe haben dann aber möglicherweise verstärkt mit der Salmonellen-Problematik zu rechnen und auch die Gefahr pathogener *E. coli*-Erreger ist nicht gänzlich gebannt, da offensichtlich auch Schweine Träger pathogener *E. coli* sein können (NAKAZAWA, 1999; BAUERFEIND *et al.*, 2004). Auch eine Übertragung vom Menschen zum Produkt ist möglich (PICHNER *et al.*, 2003).

Im Folgenden möchten wir über unsere Ergebnisse zum Verhalten von pathogenen *E. coli* in kurzgereiften streichfähigen rohen Fleischerzeugnissen (Teewurst) berichten. Bei der vorliegenden Untersuchung haben wir nun den Einfluss der (inneren) physikalisch-chemischen Parameter, der Wasseraktivität und des Säuregrades sowie der Zusatzstoffe Natriumnitrit und Natriumascorbat auf das Verhalten eines „Pools“ pathogener *E. coli* Keime bestimmt. Darüber hinaus wurde der Einfluss des Zusatzstoffes Natriumlactat und der Einfluss verschiedener Reifungsprogramme gemessen. Im vorliegenden ersten Teil unserer zweiteiligen Publikation zu diesem Thema möchten wir zunächst den Einfluss des Wasseraktivitätswertes, des Säuregrades und der Zusatzstoffe Natriumnitrit und Natriumascorbat beschreiben. Im geplanten zweiten Teil soll die Bedeutung eines Zusatzes von Natriumlactat sowie der Einfluss des Reifungsprogrammes auf die Produktsicherheit beschrieben werden.

Material und Methoden

Für unsere Untersuchungen wurde ein Grundbrät aus Schweinefleisch und Speck (Sorte Teewurst) in üblicher Rezeptur hergestellt. Durch Zugabe von Glucono-delta-Lacton (GdL) wurde der Säuregrad auf einen konstanten Wert fixiert und danach mit einem Pool von pathogenen *E. coli*-Isolaten beimpft (Stämme: E116, E125, E129 aus der Stammsammlung der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Standort Kulmbach). Die Inokulationsrate betrug ca. 1×10^4 Keime pro Gramm.*)

*) Inokulum: Die kryokonservierten Stämme (87 % Glycerin auf Glasperlen), jeweils separat in Standard-I-Bouillon (Merck) bei 37 °C über einen Zeitraum von 24 Stunden bebrüten; Verdünnungsaustich auf SMAC-Agar (Merck) und Bebrütung aerob bei 37 °C über 24 Stunden; Subkultivierung in Standard-I-Nährbouillon (Merck) und Bebrütung bei 37 °C über 16 Stunden; Verdünnung der Einzelkulturen mit Standard-I-Bouillon (Merck) auf eine optische Dichte von 0,2 ($\lambda = 600$ nm); Keimsuspension der drei Stämme mischen (je 13,3 ml d.h. Gesamt ca. 40 ml); Kühlzentrifugation bei 10.000 Umdrehungen pro Minute bei 4 °C über 10 Minuten; flüssige Phase abtrennen; Resuspendierung des Nieder-

schlages mit 40 ml physiologischer Kochsalzlösung; Rohbrät mit 1 ml der Suspension beimpfen.

Serovare: E116 (O 156: H 21, VT 1, VT 2, eae, Herkunft: Deutschland); E125 (O 116: H21, VT 1, VT 2, Herkunft: Deutschland); E129 (unbekanntes Serovar: VT1, VT2, eae, hlyA, Herkunft: USA).

Das Grundbrät wurde durch Salzzugaben auf die gewünschten Wasseraktivitätswerte eingestellt (Abb. 1), die so gewonnenen Hauptchargen des Brätes in Unterchargen getrennt, mit Natriumnitrit und Natriumascorbat versetzt (Tab. 1 und Tab. 2), anschließend in Alu-Aufreißdosen abgefüllt und im Kühl-Brutschrank bei 21 °C gelagert. Am Herstellungstag und in regelmäßigen Zeitabständen wurden die Gesamtkeimzahl, die Keimzahl von *E. coli*, der pH-Wert (Säuregrad), der a_w -Wert (Wasseraktivitätswert) und der Natriumnitrit-Gehalt bestimmt.

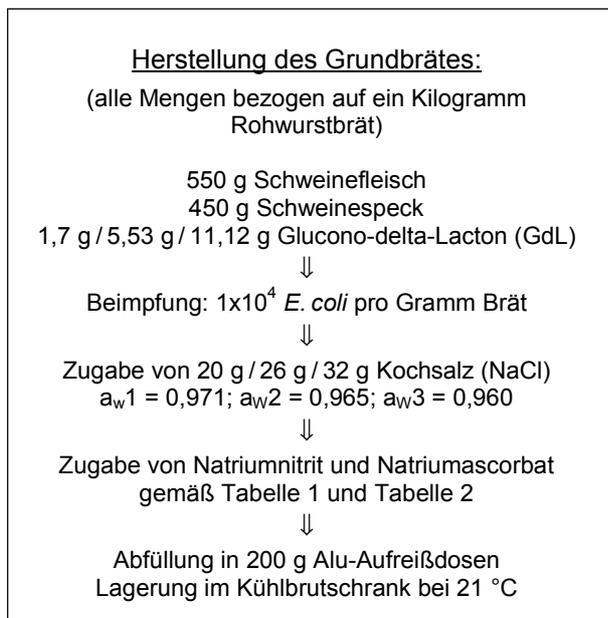


Abb. 1: Herstellung des Grundbrätes für eine kurzgereifte streichfähige Rohwurst (Sorte „Teewurst“)

Für die Keimzählungen sowohl von *E. coli* als auch der Gesamtkeime wurden jeweils 20 g Probenmaterial unter sterilen Bedingungen aus der Wurstmitte herausgenommen, mit 180 ml physiologischer Kochsalzlösung in einen Filterbeutel gegeben und 2 Minuten im Stomacher homogenisiert. Nach dem Anlegen einer Verdünnungsreihe wurden 0,1 ml der ent-

sprechenden Verdünnungsstufe auf SMAC-Agar (Merck) zur Bestimmung von *E. coli* und 0,1 ml der entsprechenden Verdünnungsstufe auf Standard-I-Nähragar (Merck) zur Gesamtkeimzahlbestimmung aufgetragen. Der Standard-I-Nähragar wurde bei 30 °C und der SMAC-Agar bei 37 °C über 24 Stunden bebrütet.

Der Natriumnitrit-Gehalt wurde aus der wässrigen Suspension der Proben mit Teststäbchen (Merck) halbquantitativ anhand einer Farbreaktion ermittelt. Zur pH-Wert-Messung wurde eine Einstichelektrode (Mettler-Toledo, Inlab 427) verwendet. Aus den Einzelwerten einer Zweifachmessung wurde der Mittelwert als pH-Wert der Untersuchung festgelegt. Der Wasseraktivitätswert wurde mit einem a_w -Kryometer AWK-20 (Nagy) über Doppelmessung ermittelt (RÖDEL *et al.*, 1989).

Ergebnisse

Bei unseren Untersuchungen wurden von den (inneren) physikalisch-chemischen Parametern der Säuregrad (pH-Wert) und der Wasseraktivitätswert (a_w -Wert) gemessen. Darüber hinaus wurde die Veränderung des Nitrit-Gehaltes (NaNO_2) während der Reifung und Lagerung des Produktes bestimmt. Als mikrobiologische Daten wurden die Gesamtkeimzahl sowie die Keimzahl von *E. coli* erhoben. Der Messzeitraum der Untersuchungen betrug 20 bzw. 21 Tage.

Physikalisch-chemische Parameter

Die Säuregrade und Wasseraktivitätswerte der Gruppen 1 bis 3 mit 9 Chargen (Tab. 1) wurde am Herstellungstag (Tag 0) und dem 1., 2., 3., 6., 9., und 20. Versuchstag ermittelt; die Werte der Gruppen 4 bis 7 mit 4 Chargen (Tab. 2) am Herstellungstag und dem 1., 2., 3., 4., 7., 10., und 21. Versuchstag. Die Natriumnitrit-Gehalte aller Chargen der Gruppen 1 bis 7 wurden am 1., 2., 3., und 6. Versuchstag bestimmt (Abb. 3).

Temperatur. Alle Rohwurstchargen wurden in einem Kühlbrutschrank bei einer konstanten Temperatur von 21 ± 1 °C gelagert.

Säuregrad. Die Ausgangs-pH-Werte der verschiedenen Teewurst-Chargen wurden durch unterschiedlich hohe Zugaben von GdL auf einen gewünschten Wert eingestellt (Abb. 2). Bei Zugabe von 1,7 g GdL/kg Brät betrug der pH-Wert am Herstellungstag 5,8. Dieser Wert blieb während des gesamten Messzeitraumes von 20 Tagen nahezu konstant. Am Ende der Messung (Tag 20) war der Ausgangswert um maximal ca. 0,2 pH-Einheiten gefallen. Bei Zusatz von 5,53 g GdL/kg Brät stellte sich ein pH-Wert von 5,3 und bei Zusatz von 11,12 g GdL/kg Brät ein pH-Wert von 4,9 ein. Auch in diesen durch GdL „voreingestellten“ Proben blieben die pH-Werte über den Messzeitraum nahezu konstant. Am 21. Tag der Untersuchung waren diese Werte ebenfalls nur um maximal 0,2 pH-Einheiten abgesenkt.

Wasseraktivitätswert. Die Wasseraktivitätswerte konnten durch unterschiedliche Kochsalzzugaben festgelegt werden. Die für bestimmte Wasseraktivitätswerte notwendigen Mengen an Kochsalz wurden aus entsprechenden Tabellen errechnet (RÖDEL, 2001). Bei Zugabe von 20 g NaCl/kg Brät sollte der a_w -Wert etwa 0,973 betragen, bei 26 g etwa 0,965 und bei 32 g ca. 0,957. Gemessen wurde bei Gruppe 1 (Tab. 1) ein a_w -Wert von 0,971, bei Gruppe 2 ein Wert von 0,965 und bei Gruppe 3 ein Wert von 0,960. Bei den Gruppen 4/5 und 5/6 wurden entsprechend Wasseraktivitätswerte von ca. 0,973 und 0,965 erwartet. Gemessen wurden Werte von 0,972 und 0,965 (Tab. 2). Aufgrund der Abfüllung in Aufreißdosen blieben die Ausgangs-Wasseraktivitäten – wie zu erwarten war – während des gesamten Messzeitraumes nahezu konstant (Schwankung des Messwertes maximal $\pm 0,001 a_w$ -Einheiten).

Nitrit-Konzentration. Alle Messkurven der Restnitrit-Gehalte zeigten einen exponentiellen Abfall. In den ersten 24 Stunden wurde bereits ein relativ niedriges Nitritniveau erreicht. Danach verlief die Abnahme deutlich langsamer bzw. stagnierte nahezu. Nach 3 bis 6 Tagen war in den meisten Chargen mit unserer Methode (halbquantitative Bestimmung über Farbumschlag mit Messstäbchen) kein Nitrit

mehr nachweisbar (Abb. 3). Bei Proben mit pH-Werten von 5,3 und 4,9 (Gruppen 4 bis 7) konnte bereits nach 24 Stunden kein Nitrit mehr nachgewiesen werden.

Höhere Zusätze an Natriumascorbat beschleunigten den Nitritabbau, während eine Absenkung des Wasseraktivitätswertes den Nitritabbau leicht verzögerte (Abb. 3).

Mikrobiologische Parameter

Die Gesamtkeimzahlen sowie die *E. coli* Keimzahlen wurden bei den Chargen der Gruppen 1 bis 3 am Herstellungstag (Tag 0), dem 1., 2., 3., 6., 9., und 20. Versuchstag ermittelt, bei den Chargen der Gruppen 4 bis 7 am Herstellungstag (Tag 0), dem 1., 2., 3., 7., 10., und 21. Versuchstag.

Gesamtkeimzahl. In Abbildung 4 ist die Entwicklung der Gesamtkeimzahl bei einem pH-Wert von 5,8 dargestellt. Einen merklichen Einfluss auf das Keimwachstum hat danach der Wasseraktivitätswert (Gruppen 1 bis 3). Bei einem Wasseraktivitätswert von 0,960 (Gruppe 3) beobachtet man nahezu bei allen Chargen eine im Vergleich zu den Gruppen 1 und 2 verzögerte Vermehrung. Tendenziell zeigt auch eine Erhöhung des Nitrits eine erkennbare Wirkung. Die Keimzahlen nehmen leicht ab. Der Einfluss von Natriumascorbat ist nicht signifikant. Auch die Absenkung des pH-Wertes auf 5,3 bzw. 4,9 hat keinen erkennbaren Einfluss auf die Gesamtkeimzahl (Abb. 5).

Keimzahl von *E. coli*. Die Entwicklung von *E. coli* wird im Gegensatz zur Gesamtkeimzahl in weit stärkerem Maße durch die Variation der (inneren) physikalisch-chemischen Parameter betroffen. Auch hier wirkt sich der Wasseraktivitätswert am deutlichsten aus (Gruppe 1 bis 3). Bei einem a_w -Wert von 0,960 (Gruppe 3) beobachtet man nahezu eine Stagnation der Keimvermehrung, der Einfluss von Nitrit und Ascorbat kann durch diesen starken Wasseraktivitätseinfluss nicht mehr deutlich erkannt werden. Bei höheren Wasseraktivitäten (Gruppe 1 und 2) dagegen ist bei den Chargen 6 und 9 (160 ppm NaNO_2 und 500 bzw. 1000 ppm Na-Ascorbat)

eine signifikante Abnahme des Keimwachstums erkennbar.

Eine effektive Verringerung der *E. coli*-Keimzahlen kann jedoch nur in Verbindung mit einer gleichzeitig deutlichen Absenkung des pH-Wertes erreicht werden (Abb. 7; die Untersuchungstage 0 bis 21 sind auf dieser Abbildung in umgekehrter Reihenfolge dargestellt). Bei pH-Werten von 5,3 und stärker noch bei 4,9 nimmt auch bei einem hohen Wasseraktivitätswert (0,972) die *E. coli*-Keimzahl erkennbar ab. Auch der zusätzlich hemmende Effekt einer erhöhten Nitritmenge (160 ppm NaNO₂ und 500 bzw. 1000 ppm Na-Ascorbat; die jeweiligen Chargen 2 und 4; Tab. 2) geht aus der Abbildung eindeutig hervor.

Diskussion

Wie in vorangegangenen Untersuchungen über das Verhalten von pathogenen *E. coli* Keimen in kurzgereifter streichfähiger Rohwurst gezeigt werden konnte, kann bei Produkten dieser Art ein Sicherheitsrisiko nicht ganz ausgeschlossen werden (POZZI *et al.*, 1996; KOFOTH, 1999). Bei der Herstellung solcher Produkte sollten besonders hohe Hygienestandards eingehalten werden, um von vornherein eine Kontamination mit pathogenen Keimen zu verhindern (PICHNER *et al.*, 2003). Nur bei entsprechend niedrigen Wasseraktivitätswerten und einer ausreichenden Säuerung des Produktes kann das Wachstum von potentiell pathogenen *E. coli* Keimen verhindert und ein Absterben der Keime eingeleitet werden. Die gleichzeitige Verwendung von Natriumnitrit und Natriumascorbat kann diesen konservierenden Effekt unterstützen.

In unserem Versuch wurden die Teewurstchargen bei einer konstanten Temperatur von 21 °C gelagert. Durch Zugabe unterschiedlicher Mengen von Glucono-delta-Lacton war der pH-Wert bereits zu Beginn auf Werte von 5,8; 5,3 und 4,9 festgelegt. Diese Werte änderten sich im Laufe der Lagerung nur geringfügig. Die Wasseraktivitätswerte wurden durch Kochsalzzugaben auf 0,971; 0,965; 0,960 eingestellt.

Durch die Verpackung in Alu-Dosen konnten sich im Verlauf der Lagerung die Werte nicht weiter verändern. Diese (inneren) physikalisch-chemischen Parameter waren somit statisch festgelegt, um den Einfluss der Einzelgrößen – unabhängig voneinander – interpretierbar zu machen. Die genannten Bedingungen sind jedoch mit den dynamischen Entwicklungen, wie sie bei der regulären Fermentation von Rohwurst zu beobachten sind, nicht gänzlich vergleichbar. Man kann davon ausgehen, dass dynamische Prozesse eine erhöhte Wirkung haben. Dem Probenmaterial wurden außerdem unterschiedliche Mengen Natriumnitrit und Natriumascorbat beigefügt.

Unsere Ergebnisse zeigten, dass die Absenkung des Wasseraktivitätswertes und die Säuerung des Produktes einen dominanten Einfluss auf die Wachstumshemmung und das Absterben der pathogenen *E. coli*-Keime hatten. Erhöhte Mengen an Natriumnitrit zeigten ebenfalls eine – wenn auch deutlich schwächere – Wirkung. Zugaben von Natriumascorbat verstärkten in dieser Versuchsanordnung die Wirkung von Natriumnitrit geringfügig, wobei eine Erhöhung des Ascorbatgehaltes von 500 auf 1000 ppm keine zusätzliche Wirkung zeigte.

-Ausblick-

Der zweite Teil unserer Untersuchungsreihe wird sich in erster Linie mit dynamischen Veränderungen im Produkt während der Reifung und Lagerung auseinandersetzen. Das Produkt wird bei unterschiedlichen Reifungsprogrammen gereift. Dabei greifen die sich ändernden (inneren) physikalisch-chemischen Parameter ineinander. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die dynamische Entwicklung gelegt, wie sie bei einer regulären Produktreifung stattfindet. Darüber hinaus werden in der zweiten Publikation Angaben zur Bedeutung von Natriumlaktat auf die *E. coli* -Keimentwicklung gemacht.

Literatur

- Bauerfeind, R., Barth, S., Tscholchiew, A., Vallejo, G. und Weiß, R. (2004): Nachweis und Charakterisierung von Shigatoxin-bildenden *Escherichia coli* bei Zucht- und Mastschweinen in Deutschland. Proceedings EHEC-Workshop, Wildbad Kreuth, 22.-24. Juli 2004, 39
- Bonardi, S., Maggi, E., Pizzin, G., Morabito, S. and Caprioli, A. (2001): Faecal carriage of verotoxin-producing *Escherichia coli* O157 and carcass contamination in cattle at slaughter in northern Italy. *Int. J. Food Microbiol.* 66,47-53
- Buckle, K. (1995): 8th Australien Food Microbiology Conference, Trends in Food Science and Technology, 6, 163-166
- Bülte, M. (1995): Enterohämorrhagische *E. coli*-Stämme (EHEC) – Aktuell in der Bundesrepublik Deutschland? 1. Pathogenitätspotential von EHEC-Stämmen – Bedeutung als Lebensmittelinfektionserreger (Literaturübersicht). *Fleischwirtsch.* 75, 1430-1432
- Bülte, M., Heckötter, S. und Schwenk, P. (1996): Enterohämorrhagische *E. coli*-Stämme (EHEC) – aktuelle Lebensmittelinfektionserreger auch in der Bundesrepublik Deutschland? 2. Nachweis von VTEC-Stämmen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs. *Fleischwirtsch.* 76, 88-91
- Chapman, P. A., Siddons, C. A., Wright, D. J., Norman, P., Fox, J. and Crick, E. (1993): Cattle as a possible source of verocytotoxin-producing *Escherichia coli* O157 infections in man. *Epidemiol. Infect.* 111, 439-447
- Chapman, P., Siddons, C. A., Cerdan Malo, A. T., Harkin, M. A. (1997): A one year study of *Escherichia coli* O157 in cattle, sheep, pigs and poultry. *Epidemiol. Infect.* 119, 245-250
- Chapman, P., Siddons, C. A., Cerdan Malo, A. T., Harkin, M. A. (2000): A one year study of *Escherichia coli* O157 in raw beef and lamb products. *Epidemiol. Infect.* 124, 207-213
- Donnenberg, M. S. and Whittam, T. S. (2001): Pathogenesis and evolution of virulence in enteropathogenic and enterohemorrhagic *Escherichia coli*. *J. Clin. Invest.* 2001 march 1; 107 (5): 539-548
- Elder, R. O., Keen, J. E., Siragusa, G. R., Barcoy-Gallagher, G. A., Koochmarai, M., Laegreid, W. W. (2000): Correlation of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157 prevalence in feces, hides, and carcasses of beef cattle during processing. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 97, 2999-3003
- Gareis, M., Rödel, W. und Kofoth, Ch. M. (1997): Bedeutung von enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) als Lebensmittelinfektionserreger. *Mittbl. Bundesanstalt für Fleischforsch., Kulmbach*, 136, 158-165
- Huber, H. C.; Kugler, R. und Liebl, B. (1997): Infektionen mit enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) – Ergebnisse einer epidemiologischen Erhebung in Bayern für den Zeitraum April 1996 bis März 1997. *Gesundheitswesen.* 60, 159-165
- Kofoth, Ch. M. (1999): Überlebens- und Wachstumsfähigkeit von enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) in Rohwurst-erzeugnissen. Diss., Ludwig-Maximilians-Universität München, 193 Seiten
- Nakazawa, M., AKIBA, M. and Sameshima, T. (1999): Swine as a potential reservoir of shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 in Japan. *Letters, Emerging Infectious Diseases*, 5, 6, Nov.-Dec., 833-834
- Pichner, R., Hechelmann, H. und Gareis, M. (2000): Vorkommen von *E. coli* und Verotoxin-Bildnern in frischen streichfähigen Mettwürsten. *Mittbl. Bundesanstalt für Fleischforsch., Kulmbach*, 148, 717-722
- Pichner, R., Steinrück, H. und Gareis, M. (2003): Eintragsquellen und Kontaminationswege von EHEC/STEC in Fleisch verarbeitende Betriebe. *Mittbl. Bundesanstalt für Fleischforsch., Kulmbach*, 161, 197-206
- Pozzi, W. Beutin, L. und Weber, H. (1996): Überleben und Nachweis von enterohämorrhagischen *Escherichia coli* in streichfähiger Rohwurst. *Fleischwirtsch.* 12, 1300-1311
- Richter, H., Klie, H., Timm, M., Gallien, P. Steinrück, H. Perlberg, K. W. und Protz, D. (1997): Verotoxinbildende *Escherichia coli* (VTEC) im Kot von Schlachtrindern aus Deutschland. *Berliner Münchner Tierärztliche Wochenschrift.* 110, 121-127
- Richter, H., Klie, H., Timm, M., Gallien, P., Perlberg, K.-W., Teufel, P. und Protz, D. (1998): Verotoxin-bildende *Escherichia coli* (VTEC) in Milch, Fleisch und Wurst von Rindern als potentielle enterohämorrhagische *Escherichia coli* (EHEC). INFO II/98, Robert Koch-Institut, Berlin, 3-6

Rödel, W. (2001): Water activity and its measurement in food. In: Kress-Rogers, E. and Brimelow, C. J. B.(ed.): Instrumentation and sensors for the food industry. 2nd edition, Woodhead publishing Ltd., Cambridge, England

Rödel, W., Scheuer, R. und Wagner, H. (1989): Neues Verfahren zur Bestimmung der Wasseraktivität bei Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtsch.* 69,1396-1399

Tab. 1: Zugabe von Natriumnitrit (NaNO₂) und Natriumascorbat (Na-Ascorbat), Konzentrationsangabe in mg/kg Brät (ppm)

Charge	Gruppe 1 20 g NaCl; 1,7 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,971; <i>pH</i> ≈ 5,8		Gruppe 2 26 g NaCl; 1,7 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,965; <i>pH</i> ≈ 5,8		Gruppe 3 32 g NaCl; 1,7 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,960; <i>pH</i> ≈ 5,8	
	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm
1	80	0	80	0	80	0
2	120	0	120	0	120	0
3	160	0	160	0	160	0
4	80	500	80	500	80	500
5	120	500	120	500	120	500
6	160	500	160	500	160	500
7	80	1000	80	1000	80	1000
8	120	1000	120	1000	120	1000
9	160	1000	160	1000	160	1000

Tab. 2: Zugabe von Natriumnitrit (NaNO₂) und Natriumascorbat (Na-Ascorbat), Konzentrationsangabe in mg/kg Brät (ppm)

Charge	Gruppe 4 20 g NaCl; 5,53 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,972; <i>pH</i> ≈ 5,3		Gruppe 5 20 g NaCl; 11,12 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,972; <i>pH</i> ≈ 4,9		Gruppe 6 26 g NaCl; 5,53 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,965; <i>pH</i> ≈ 5,3		Gruppe 7 26 g NaCl; 11,12 g GdL pro kg Brät <i>aw</i> ≈ 0,965; <i>pH</i> ≈ 4,9	
	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm	NaNO ₂ in ppm	Na-Ascorbat in ppm
1	80	500	80	500	80	500	80	500
2	160	500	160	500	160	500	160	500
3	80	1000	80	1000	80	1000	80	1000
4	160	1000	160	1000	160	1000	160	1000

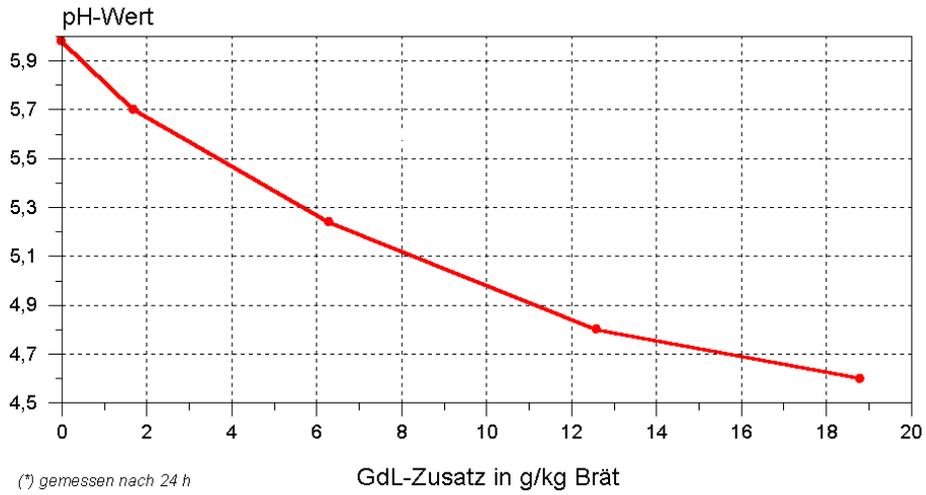


Abb. 2: pH₍₂₄₎-Werte (*) von gesalzenem Schweinebrät nach Zugabe unterschiedlicher Mengen von Glucono-delta-Lacton (GdL) (Temp. 21°C; 2,6% NaCl)

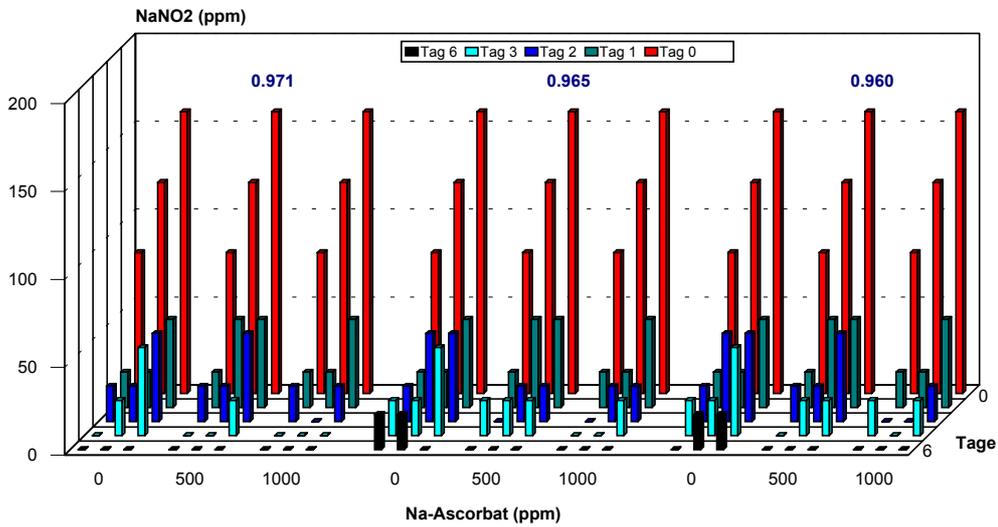


Abb. 3: Abnahme der Nitrit-Gehalte in den Rohwurstchargen über 6 Tage (pH = 5,8; Temp. 21 °C)

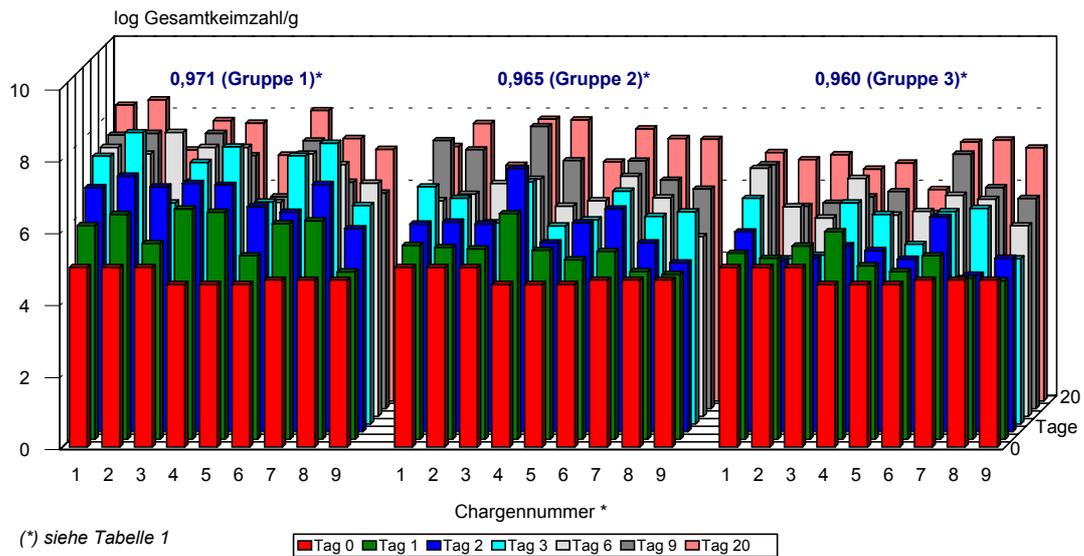


Abb. 4: Verlauf der Gesamtkeimzahl in streichfähiger Rohwurst (Sorte Teewurst) über 20 Tage (pH = 5,8; Temp. 21 °C)

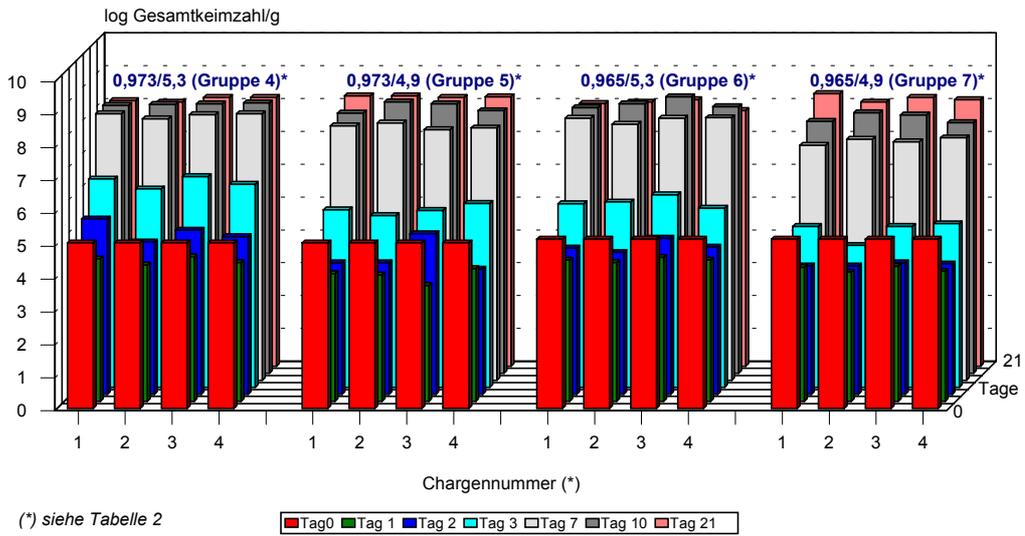


Abb. 5: Verlauf der Gesamtkeimzahl in streichfähiger Rohwurst (Sorte Teewurst) über 21 Tage (Temp. 21°C)

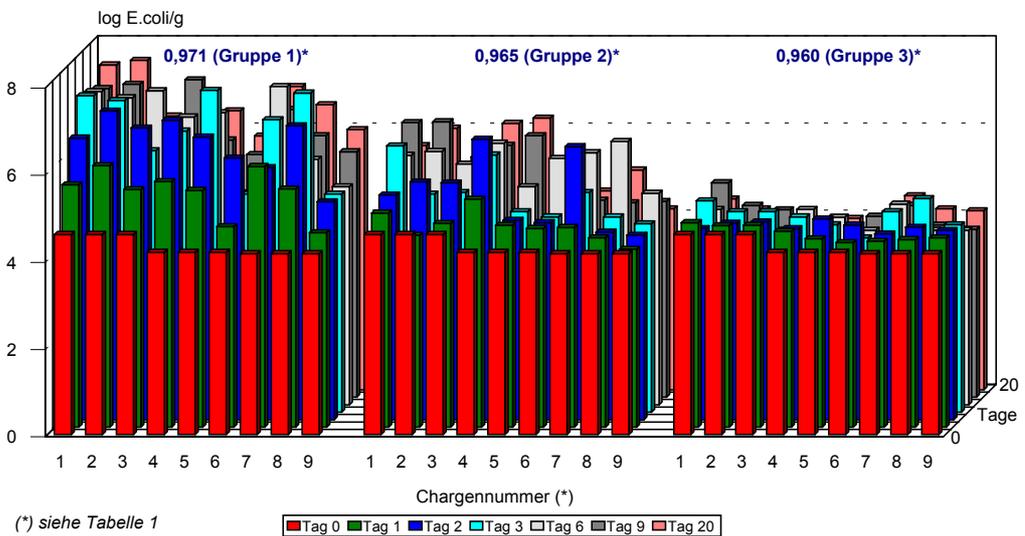


Abb. 6: Verlauf der *E. coli*-Keimzahlen in streichfähiger Rohwurst (Sorte Teewurst) über 20 Tage (pH = 5,8; Temp. 21°C)

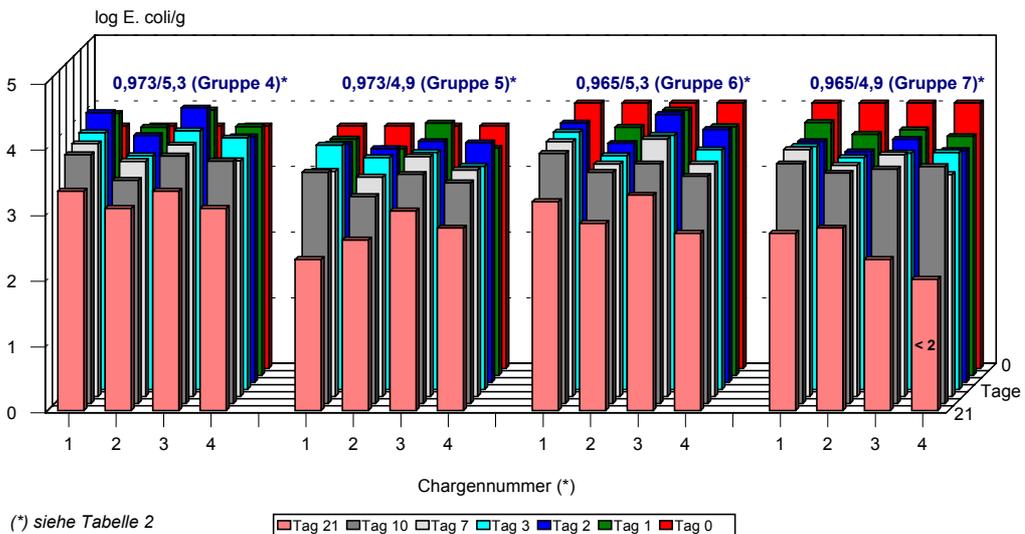


Abb. 7: Verlauf der *E. coli*-Keimzahlen in streichfähiger Rohwurst (Sorte Teewurst) über 21 Tage (Temp. 21°C)

