

A. Berk
H. Rosenbauer
V. Mancini
H. Vemmer
G. Schaarmann
G. Flachowsky

Einfluß unterschiedlich hoher Vitamin-E-Gaben an Mastschweine auf die Fleisch- und Speckqualität in Abhängigkeit von der Lagerung

**Influence of various vitamin E
supply to fattening pigs on
quality of pork and bacon
depending on time of storing**

Eingegangen: 6. August 1997
Akzeptiert: 3. Dezember 1997

A. Berk (✉) · H. Vemmer
Prof. Dr. G. Flachowsky
Institut für Tierernährung der FAL
Bundesallee 50
D-38116 Braunschweig

H. Rosenbauer
Institut für Chemie und Physik der BAFF
E.-C.-Baumann-Str. 20
D-95326 Kulmbach

V. Mancini
Istituto Scienze degli Alimenti
e della Nutrizione
Università Cattolica S. C.
Via Emilia Parmense 84
I-29100 Piacenza
Italy

G. Schaarmann
Institut für Ernährung und Umwelt
der FSU Jena
Dornburger Straße 24
D-07743 Jena

Zusammenfassung In einem Einzelfütterungsversuch wurde die Futtermischung von je 33 Mastschweinen während der letzten 21 Tage vor der Schlachtung täglich mit 0g, 0,5 g bzw. 1,0 g α -Tocopherylacetat ergänzt. Von den Tieren wurden verschiedene Organ- und Gewebeproben (Blut, Leber, Rückenspeck, *M. quadriceps femoris*) zur Bestimmung des Vitamin-E-Gehaltes mittels HPLC in unterschiedlich lange gelagertem Material gewonnen.

Als weitere Qualitätskriterien wurden die TBARS-Werte (Gehalt an Thiobarbitursäure reaktiven Substanzen) im *M. quadriceps femoris* und im Rückenspeck sowie die Induktionszeiten des Specks mittels Rancimat-Test, die pH-Verläufe (*M. longissimus dorsi*, *M. quadriceps femoris*) und der Tropfsaftverlust (*M. longissimus dorsi*) sowie die Fleischfarbe im *M. quadriceps femoris* ermittelt.

Durch die Vitamin-E-Zulage stieg die Vitamin-E-Konzentration in allen untersuchten Organ- und Gewebeproben signifikant an (z.B. Serum: 1,5; 2,4 bzw. 2,7 mg/l; Leber: 3,8; 5,6 bzw. 7,0 mg/kg bei 0; 0,5 bzw. 1,0 g/Tier und Tag).

Während im Fleisch mit zunehmender Lagerungsdauer die Vitamin-E-Konzentration abnahm (von 3,9; 6,2 bzw. 7,8 mg/kg auf 1,9; 4,1 bzw. 5,0 mg/kg nach 29-wöchiger Gefrierlagerung), blieb der Ge-

halt im Rückenspeck annähernd konstant.

Die Vitamin-E-Zulage (v.a. 1,0 g/d) bewirkte teilweise signifikant geringere TBARS-Werte und längere Induktionszeiten. Die zusätzlichen Vitamin-E-Gaben führten zu hellerem Fleisch und längerer Farbstabilität. pH-Werte und Tropfsaftverlust wurden nicht signifikant beeinflusst.

Summary 99 individually kept, fattening pigs (castrated males) were divided into 3 groups. 33 animals each were supplemented with 0, 0.5 or 1.0 g α -tocopheryl acetate per day last 21 days before slaughtering. Samples from blood, liver, bacon, and muscle were taken to determine vitamin E content by HPLC depending on time of storing. TBARS values of muscle and bacon, induction-time of bacon („Rancimat“), pH, drip loss, and color of muscle were determined as further criterions of quality.

The Vitamin E supply increased significantly the vitamin E content of all samples (e.g., serum: 1.5, 2.4, and 2.7 mg/kg; liver: 3.8, 5.6, and 7.0 mg/kg for 0, 0.5, or 1.0 g per animal per day, respectively). Vitamin E content of pork decreased depending on time of storing (3.9, 6.2, and 7.8 mg/kg vers. 1.9, 4.1, and 5.0 mg/kg after 29 weeks of freeze storing).

Storing time had no significant influence on vitamin E content of bacon.

Vitamin E supply (esp. 1.0 g daily) decreased TBARS values, increased time of induction and improved meat color, but did not influence pH and drip loss of porc significantly.

Schlüsselwörter Vitamin E – Schweinefleisch – Lagerung – Fleischqualität

Key words Vitamin E – pork – storage – meat quality

Einleitung

In den zurückliegenden Jahren wurden verschiedene Versuche mit bedarfsübersteigenden Gaben von antioxidativen Vitaminen in der Tierernährung durchgeführt. Dabei ging es einerseits um die Verbesserung der Tiergesundheit und der Fruchtbarkeit und andererseits um die Beeinflussung der Qualität von Lebensmitteln tierischer Herkunft in vom Verbraucher gewünschte Richtungen. Besondere Bedeutung hat dabei der Zusatz hoher Vitamin-E-Gaben zum Futter erlangt, über deren Wirkung auf verschiedene Parameter der Produktqualität in jüngster Vergangenheit wiederholt zusammenfassend informiert wurde (z.B.: 20, 10, 19).

Meist wurden in Untersuchungen mit Mastschweinen bedarfsübersteigende Vitamin-E-Gaben (Versorgungsempfehlung ca. 15 mg/kg Futter) über eine längere Fütterungsperiode (2 – 5 Monate) bzw. die gesamte Mastperiode eingesetzt (z.B.: 50 – 200 mg Vitamin E/kg Alleinfutter; 14, 19, 31). Andererseits gibt es auch Ansätze, bei denen während der letzten Mastwochen eine sehr hohe Vitamin-E-Gabe (z.B.: 1 g/Tier und Tag; 1, 11, 9) mit einer ungesupplementierten Kontrollgruppe verglichen wurde.

Zum letztgenannten Ansatz liegen keine Untersuchungen mit gestaffelten Vitamin-E-Gaben vor. Das Ziel des durchgeführten Versuches bestand demnach in der Ermittlung des Einflusses der Tagesgaben von 0,5 g bzw. 1,0 g α -Tocopherylacetat während der letzten 21 Tage vor der Schlachtung im Vergleich zu einer ungesupplementierten Kontrollgruppe auf den Vitamin-E-Gehalt in verschiedenen Organ- und Gewebeproben sowie ausgewählte Kriterien der Produktqualität. Die Wirkung der Vitamin-E-Zulagen auf Vitamin-E-Gehalt und Thiobarbitursäure reaktive Substanzen in Muskel und Rückenspeck, Induktionszeit im Rückenspeck sowie Fleischfarbe sollte auch in Abhängigkeit von unterschiedlich langen Lagerungszeiten untersucht werden.

Material und Methoden

Für den Versuch standen 99 männliche kastrierte Schweine in Einzelhaltung zur Verfügung. Die Mastperiode war in zwei Abschnitte unterteilt worden. Die Anfangsmast

erstreckte sich von etwa 25 kg bis 60 kg Lebendmasse und die Endmast von 60 kg bis 120 kg Lebendmasse.

Der Versuch wurde am Institut für Tierernährung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode durchgeführt.

Die Versuchsmischungen enthielten vor allem Gerste, Weizen und Sojaextraktionsschrot (Tabelle 1). Die Energie- und Eiweißgehalte der Rationen und deren Ergänzung mit Mineralstoffen, Spurenelementen und Vitaminen richteten sich nach den Empfehlungen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (12). Das Futter wurde in Abhängigkeit von der Lebendmasse der Tiere mehlformig zugeteilt. Wasser stand zur freien Aufnahme aus Nippeltränken zur Verfügung.

Tab. 1 Futterzusammensetzung (in %) und wertbestimmende Inhaltsstoffe der Mischungen

	Anfangsmast	Endmast
Weizen	24,15	24,75
Gerste	50,00	55,00
Sojaextraktionsschrot	20,00	15,00
Lysin-HCl	0,15	0,15
Dicalciumphosphat	0,10	–
CaCO ₃	0,20	0,20
Vitamin/Mineralstoffvormisch. ¹⁾	2,50	2,00
Sojaöl	2,90	2,90
Energiegehalt (ME) MJ/kg	13,2	13,1
Rohproteingehalt g/kg	175,6	153,1
Lysingehalt g/kg	9,2	7,8

1) der Vitamin-E-Gehalt der Grundmischungen betrug ca. 45 mg/kg aus der Vormischung und dem nativen Gehalt der Komponenten

Die Vitamin-E-Zulage erfolgte im Mittel 21 (18-25) Tage vor der Schlachtung ab ca. 106 kg Lebendmasse mit dem Handelspräparat „Rovimix E-50 Adsorbate“, das – in 50 g Vormischung – folgendermaßen verabreicht wurde:

- Tiere 1 – 33: 0 g / Tier u. Tag (Kontrollgruppe = Gruppe 1);
- Tiere 34 – 66: 1 g / Tier u. Tag, entsprechend 0,5 g α -Tocopherylacetat (Gruppe 2);
- Tiere 67 – 99: 2 g / Tier u. Tag, entsprechend 1 g α -Tocopherylacetat (Gruppe 3).

Da eine gleiche Endmasse (ca. 122 kg LM) aller Tiere angestrebt wurde, erstreckte sich die Schlachtung über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen. Die während des Schlachtprozesses bzw. unmittelbar danach vorgesehenen Untersuchungen wurden in Braunschweig durchgeführt. Alle Proben wurden bei -18°C eingelagert und nach Abschluß der Schlachtung an das Institut für Chemie und Physik der Bundesanstalt für Fleischforschung nach Kulmbach transportiert. Daraus resultiert, daß die in Kulmbach durchgeführten Untersuchungen zum Vitamin-E-Gehalt in Körperproben zu TBARS sowie zur Produktqualität frühestens 4 Wochen nach der Schlachtung beginnen konnten. Der Probenumfang richtete sich nach den analytischen Kapazitäten. Bei Untersuchungen zum Zeitverlauf wurden nur Proben von denselben Tieren verwendet.

Nach der Schlachtung der Tiere bei nahezu gleicher Endmasse von 122 kg LM im institutseigenen Schlachthaus wurden die pH-Werte von Schinken und Kotelett 45 Minuten bzw. 24 Stunden *p. m.* mit einer Einstabmeßkette gemessen. Außerdem wurden die Proben von Blut, Leber, Muskel (*M. longissimus dorsi* oberhalb 13./14. Rippe bzw. *M. quadriceps femoris*) für die Untersuchungen entnommen.

Zur Bestimmung des Tropfsaftverlustes wurde 24 Stunden nach der Tötung eine 2 cm dicke Scheibe vom Kotelettmuskel abgeschnitten, gewogen und in einem wasserdichten Beutel bei 4°C hängend gelagert. Dabei war der Beutel so an einem Haken befestigt, an dem die Fleischscheibe aufgehängt war, daß das Tropfwasser frei in den Beutel abtropfen konnte, eine Austrocknung des Fleisches aber verhindert wurde. Die Probe wurde nach weiteren 24 Stunden zurückgewogen.

Der Vitamin-E-Gehalt in den Proben von 4 Tieren pro Gruppe wurde nach einer Gefrierlagerung von mindestens 4 Wochen mit Hilfe der HPLC bestimmt (29).

Für die Lagerungsuntersuchungen wurden 8 Rückenspeckproben pro Gruppe 1, 2 und 4 Monate bei -18°C (Gefrierzelle), $+4^{\circ}\text{C}$ (Kühlzelle) bzw. $+18^{\circ}\text{C}$ (Zimmertemperatur) gelagert. Als Kriterium für die oxidative Stabilität des Fettes wurde die Induktionszeit mit Hilfe des Swift-Test nach Pardun und Kroll (24) gemessen. Die automatische Durchführung dieses Testes erfolgte mittels des Rancimat-Apparates (Metrohm, Schweiz). Dabei wird eine konstante Sauerstoffmenge (20 l/h Luftdurchsatz) durch 5 g unter Standardbedingungen von der Probe extrahiert und auf 100°C erhitztem Fett geleitet. Die im Verlauf des Oxidationsprozesses anfallenden flüchtigen Zersetzungsprodukte werden in einer Meßzelle mittels

entionisiertem Wasser absorbiert und konduktometrisch gemessen. Über die fortlaufende Erfassung der Leitfähigkeits-Zeit-Kurve wird die Zeitspanne bis zum Erreichen der maximalen Oxidation – d.h. die Induktionszeit – bestimmt.

Der Gehalt an TBARS ist ein weiterer Parameter, der den Grad der Fettoxidation beschreibt (4). Hierbei werden die Abbauprodukte der Polyensäuren durch einen sauren Aufschluß aus der Probenmatrix freigesetzt. Die Extraktion erfolgt durch Flüssig-Flüssig-Verteilung zwischen *n*-Hexan und 5 %iger wäßriger Trichloressigsäure-Lösung. Die polaren Fettabbauprodukte werden mit 2-Thiobarbitursäure zu einem roten Farbkomplex umgesetzt. Dieser wird bei 532 nm photometrisch bestimmt. Der Gehalt an Aldehyden wird summarisch erfaßt und als mg Malondialdehyd/kg Gewebe angegeben. Die TBARS-Gehalte in Muskel- und Fettgeweben korrelieren sehr gut mit den Peroxidzahlen sowie den sensorischen Bewertungen der Proben.

Um den Verlauf des Vitamin-E- und TBARS-Status in den Geweben während der Lagerung verfolgen zu können, wurden von 4 Tieren aus jeder Gruppe jeweils der *M. quadriceps femoris* (Nuß) sowie Proben vom Rückenspeck verwendet. Die Proben wurden unmittelbar nach dem Zerlegen tiefgefroren und gelangten frühestens 4 Wochen *p. m.* zur Untersuchung. Die Zeitangabe „Lagerungsbeginn“ bedeutet im folgenden also immer, daß eine mindestens 4-wöchige Gefrierlagerung vorausgegangen ist.

Die Gehalte an Vitamin E und TBARS im Schinken (*M. quadriceps femoris*) und im Rückenspeck wurden zu Lagerungsbeginn sowie die Veränderung dieser Werte nach einer 2-wöchigen Kühllagerung ($+4^{\circ}\text{C}$) bzw. 18- und 29-wöchigen Gefrierlagerung (-20°C) in jeweils 4 Proben pro Gruppe bestimmt.

Andere Lagerungsuntersuchungen betrafen die Veränderungen der Fleischfarbe und der Farbhelligkeit bzw. des Tropfsaftverlustes von Kotelettscheiben. Gemessen wurde die Reflexion von Tageslicht (Lichtart D65) auf der nicht glänzenden Muskeleoberfläche (Mittelwert aus drei Meßpunkten) mit Hilfe des Spektralphotometers Minolta CM 508i. Die Fleischfarbe wurde jeweils als Mittelwert aus drei über die Oberfläche verteilten Meßpunkten bestimmt. Lokale Verfärbungen wurden nicht gemessen. Dabei stellt der L^* -Wert ein Maß für die Helligkeit des Fleisches auf einer Skala von 0 (schwarz) bis +100 (weiß) dar, während a^* (Rot-Grün-Achse) und b^* (Gelb-Blau-Achse) sowohl den Farbton als auch die Sättigung digital beschreiben (18).

Die Darstellung der Versuchsergebnisse wird in Form der Mittelwerte und ihrer Streuung, beruhend auf den Ergebnissen der Einzeltiere, vorgenommen. Die varianz-analytische Auswertung der Ergebnisse wurde mit dem Programmpaket SAS[®] für WindowTM Version 6.08 durchgeführt. Die Prüfung der Unterschiede bei den erfaßten Kriterien erfolgte mit dem Duncan-Test bei einem

Signifikanzniveau von 5 %. Signifikante Unterschiede zwischen den Vitamin-E-Behandlungen werden durch unterschiedliche Hochbuchstaben dokumentiert. Eine Prüfung des Einflusses der Lagerung erfolgte nicht.

Ergebnisse

Die kurzzeitige Vitamin-E-Gabe hatte keinen signifikanten Einfluß auf die Höhe der Lebendmassezunahme der Mastschweine in den drei Gruppen (720 g/Tier und Tag im Mittel aller Gruppen) sowie auf das Ausschlachtungsresultat (79% der LM). Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, zeigten die pH-Werte von Schinken und Kotelett, sowohl 45 Minuten als auch 24 Stunden nach der Tötung, keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Lediglich tendenziell war in Gruppe 3 der pH-Wert im Kotelett 45 Minuten *p. m.* höher als in den anderen beiden Gruppen. Auch beim Tropfsaftverlust war kein signifikanter Einfluß der Vitamin-E-Gabe im Vergleich zur Kontrollgruppe zu erkennen.

Tab. 2 pH-Werte und Tropfsaftverlust in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
pH Kotelett 45 min <i>p. m.</i> (n=11 je Gr.)	5,95 ^A ± 0,23	5,95 ^A ± 0,32	6,05 ^A ± 0,22
pH Kotelett 24 h <i>p. m.</i> (n=11 je Gr.)	5,45 ^A ± 0,10	5,45 ^A ± 0,07	5,48 ^A ± 0,12
pH Schinken 45 min <i>p. m.</i> (n=11 je Gr.)	5,99 ^A ± 0,28	6,04 ^A ± 0,36	6,01 ^A ± 0,23
pH Schinken 24 h <i>p. m.</i> (n=11 je Gr.)	5,59 ^A ± 0,13	5,56 ^A ± 0,11	5,59 ^A ± 0,14
Tropfsaftverlust (%) (n=11 je Gr.)	3,64 ^A ± 1,43	3,87 ^A ± 1,77	3,55 ^A ± 1,47

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

Die Vitamin-E-Konzentration zu Lagerungsbeginn wurde sowohl im Rückenspeck als auch im *M. quadriceps femoris* durch die beiden Vitamin-E-Supplementationen signifikant erhöht (Tabelle 3). Der Vitamin-E-Gehalt im Muskel nahm während der Lagerung ab. Am stärksten war die Abnahme in den Schinken der hoch supplementierten Tiere (1,0 g/d). Dennoch blieben Unterschiede zwischen den Gruppen sowohl nach zweiwöchiger Kühl- als auch nach 18- bzw. 29-wöchiger Gefrierlagerung bestehen (Tabelle 3).

Im Gegensatz zum Muskel blieb die Vitamin-E-Konzentration im Rückenspeck unabhängig von den Lagerungsbedingungen und -zeiten nahezu konstant ($P > 0,05$). Auch die Differenzen zwischen den drei Gruppen blieben im Lagerungsverlauf nahezu gleich (Tabelle 3). Der nach

Tab. 3 Vitamin-E-Gehalte in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben und von unterschiedlichen Lagerungsbedingungen und -zeiten

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<i>M. quadriceps femoris</i>			
Lagerungsbeginn (n=4 je Gr.) µg/g	3,94 ^B ± 0,52	6,23 ^A ± 1,60	7,84 ^A ± 1,57
nach 2 Wochen ¹⁾ (n=4 je Gr.) µg/g	3,45 ^B ± 1,28	5,58 ^A ± 0,86	6,65 ^A ± 1,21
nach 18 Wochen ²⁾ (n=4 je Gr.) µg/g	2,84 ^B ± 0,27	5,06 ^A ± 1,42	4,86 ^A ± 1,20
nach 29 Wochen ²⁾ (n=4 je Gr.) µg/g	1,93 ^B ± 0,38	4,07 ^A ± 0,70	4,96 ^A ± 0,79
Rückenspeck			
Lagerungsbeginn (n=4 je Gr.) µg/g	6,96 ^C ± 1,18	9,78 ^B ± 2,09	14,04 ^A ± 1,68
nach 2 Wochen ¹⁾ (n=1 je Gr.) ³⁾ µg/g	6,58	9,14	13,55
nach 18 Wochen ²⁾ (n=4 je Gr.) µg/g	5,62 ^B ± 1,65	9,60 ^B ± 3,93	15,32 ^A ± 2,11
nach 29 Wochen ²⁾ (n=4 je Gr.) µg/g	7,19 ^B ± 1,77	(12,57 ^A ± 2,03)	14,74 ^A ± 3,30

¹⁾ Kühlagerung (+ 4°C)

²⁾ Gefrierlagerung (-18°C)

³⁾ Mischproben analysiert

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

29 Wochen Gefrierlagerung bei Gruppe 2 beobachtete Anstieg kann nicht erklärt werden.

Die in Serum und Leber ermittelten Vitamin-E-Gehalte zeigten ebenfalls signifikante Beziehungen zur zusätzlichen Vitamin-E-Gabe (Tabelle 4). Dabei war der Anstieg der Vitamin-E-Konzentration in allen Proben nach Zulage von 0,5 g Vitamin E gegenüber der unsupplementierten Gruppe deutlicher ausgeprägt als nach Zulage weiterer 0,5 g α -Tocopherylacetat.

Tab. 4 Vitamin-E-Gehalte in Serum und Leber in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben (zu Lagerungsbeginn)

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Serum-Vit. E-Gehalt (n=10 je Gr.) µg/ml	1,50 ^B ± 0,31	2,40 ^A ± 0,52	2,66 ^A ± 0,29
Leber-Vit. E-Gehalt (n=10 je Gr.) µg/g	3,75 ^B ± 1,38	5,57 ^{AB} ± 2,39	6,99 ^A ± 2,76

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

Der Gehalt an TBARS im Muskel zeigte sich zu jedem Lagerungszeitpunkt deutlich beeinflusst durch die erhöhten Vitamin-E-Gehalte im Gewebe. Die Lipidoxidation wurde während der gesamten Lagerung durch die Vit-

amin-E-Supplementation signifikant reduziert (Tabelle 5). Tendenziell gilt das auch für die TBARS-Gehalte im Rückenspeck. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen konnten aber lediglich nach 18 Wochen Gefrierlagerung festgestellt werden. Besonders auffällig ist der deutliche Anstieg der TBARS-Werte im Rückenspeck nach 2 Wochen Kühl Lagerung.

Eine negative Korrelation bestand zwischen der Höhe der TBARS-Werte und den Induktionszeiten im Rückenspeck (Tabellen 5 und 6). Bei den bei Zimmertemperatur gelagerten Proben lagen die Induktionszeiten bereits nach einem Monat Lagerung unter 2 Stunden. Ein Einfluß der Vitamin-E-Supplementierung war unter diesen Bedingungen nicht erkennbar (Tabelle 6). Nach zwei Monaten lagen die Werte aller drei Gruppen bei Zimmertemperatur-Lagerung unter einer Stunde, so daß die Messungen für diese Lagerungsbedingungen eingestellt wurden. Eine einmonatige Külschranklagerung des Specks und die viermonatige Gefrierlagerung führten zu etwa gleichen Induktionszeiten (Tabelle 6).

Tab. 5 TBARS-Werte in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben und von unterschiedlichen Lagerungsbedingungen und -zeiten

		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
<i>M. quadriceps femoris</i>				
Lagerungsbeginn	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,11 ^A ±0,06	0,05 ^A ±0,04	0,04 ^A ±0,01
nach 2 Wochen ¹⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,12 ^A ±0,06	0,08 ^{AB} ±0,05	0,02 ^B ±0,01
nach 18 Wochen ²⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,20 ^A ±0,02	0,12 ^B ±0,01	0,12 ^B ±0,01
nach 29 Wochen ²⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,15 ^A ±0,04	0,11 ^{AB} ±0,02	0,09 ^B ±0,03
Rückenspeck				
Lagerungsbeginn	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,11 ^A ±0,06	0,10 ^A ±0,04	0,09 ^A ±0,05
nach 2 Wochen ¹⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	1,17 ^A ±0,22	1,11 ^A ±0,71	0,65 ^A ±0,25
nach 18 Wochen ²⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,15 ^A ±0,08	0,12 ^{AB} ±0,05	0,05 ^B ±0,02
nach 29 Wochen ²⁾	(n=4 je Gr.) mg MDA/kg	0,10 ^A ±0,04	0,10 ^A ±0,07	0,12 ^A ±0,05

¹⁾ Kühl Lagerung (+ 4° C) ²⁾ Gefrierlagerung (– 18° C)

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

Ein Einfluß der Vitamin-E-Supplementierung konnte auch auf die Farbwerte des Muskels festgestellt werden. Sowohl der Rotanteil (a*-Wert), als auch der Gelbanteil (b*-Wert) nahmen im Verlauf der Lagerung über 15 Tage ab (Tabelle 7). Durch die zusätzliche Vitamin-E-Gabe wurde das Fleisch heller und es verringerten sich die Anteile roter und gelber Pigmente.

Tab. 6 Induktionszeiten des Rückenspecks in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben und von unterschiedlichen Lagerungsbedingungen und -zeiten

		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Zimmertemperatur, 1 Mon.	(n=8 je Gr.) h	1,37 ^A ±1,36	1,32 ^A ±0,28	1,48 ^A ±0,31
Külschrank, 1 Mon.	(n=8 je Gr.) h	2,95 ^A ±0,91	2,96 ^A ±1,42	3,80 ^A ±1,11
Gefrierschrank, 2 Mon.	(n=8 je Gr.) h	4,49 ^B ±2,01	5,18 ^B ±2,43	8,29 ^A ±1,15
Gefrierschrank, 4 Mon.	(n=8 je Gr.) h	2,71 ^B ±0,71	3,88 ^A ±1,17	4,08 ^A ±0,96

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

Tab. 7 Fleischfarbe in Abhängigkeit von zusätzlichen Vitamin-E-Gaben und von unterschiedlichen Lagerungszeiten

		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Helligkeit (L*-Wert)				
Tag 0 (Lagerungsbeg.)	(n=4 je Gr.)	46,4 ^A ±4,4	51,4 ^A ±2,0	50,3 ^A ±2,3
Tag 4	(n=4 je Gr.)	47,5 ^B ±5,0	53,8 ^A ±2,4	51,4 ^A ±2,9
Tag 8	(n=4 je Gr.)	47,3 ^A ±4,8	51,7 ^A ±3,2	49,6 ^A ±2,5
Tag 15	(n=4 je Gr.)	45,4 ^A ±4,1	48,7 ^A ±4,2	46,7 ^A ±3,4
Rotanteil (a*-Wert)				
Tag 0 (Lagerungsbeg.)	(n=4 je Gr.)	9,2 ^A ±1,9	7,4 ^A ±0,8	6,8 ^A ±1,6
Tag 4	(n=4 je Gr.)	7,8 ^A ±1,7	6,8 ^A ±0,8	6,8 ^A ±1,5
Tag 8	(n=4 je Gr.)	7,0 ^A ±1,1	5,1 ^B ±0,7	4,1 ^B ±0,6
Tag 15	(n=4 je Gr.)	7,9 ^A ±0,6	6,2 ^B ±1,4	5,6 ^B ±0,9
Gelbanteil (b*-Wert)				
Tag 0 (Lagerungsbeg.)	(n=4 je Gr.)	14,8 ^A ±1,3	16,3 ^A ±0,9	14,5 ^A ±1,3
Tag 4	(n=4 je Gr.)	15,0 ^B ±0,7	16,7 ^A ±0,2	15,5 ^B ±0,9
Tag 8	(n=4 je Gr.)	14,2 ^{AB} ±1,1	14,6 ^A ±0,8	12,6 ^B ±1,1
Tag 15	(n=4 je Gr.)	13,9 ^A ±1,6	13,8 ^A ±0,7	12,6 ^A ±1,4

Unterschiedliche Hochbuchstaben bedeuten signifikante Unterschiede (eine Prüfung erfolgte zwischen den Vitamin-E-Stufen – innerhalb der Zeilen)

Diskussion der Ergebnisse

In Übereinstimmung mit verschiedenen Literaturbefunden bei Versuchen mit Rindern (z.B.: 20, 27, 8), Schweinen (z.B.: 22, 32, 11, 9) und Geflügel (z.B.: 28, 30) hatten die Vitamin-E-Zulagen einen signifikanten

Einfluß auf die Vitamin-E-Konzentration in den untersuchten Organ- und Gewebeproben (Tabellen 4 und 5). Bei nahezu allen Proben nahm die Vitamin-E-Konzentration in den Geweben in der Rangfolge Speck > Muskel > Leber > Serum ab (Tabellen 4 und 5). Diese Reihenfolge widerspricht teilweise Literaturangaben, in denen vor allem in den inneren Organen (z.B.: 23, 28, 1) und teilweise im Depotfett (z.B.: 14) die höchsten Vitamin-E-Konzentrationen gefunden wurden. Eine befriedigende Erklärung für den über dem der Leber liegenden Vitamin-E-Gehalt im Muskel, der selbst bei der unsupplementierten Kontrollgruppe über den für eine hohe Farb- und Lagerstabilität geforderten 3 mg Tocopherol/kg (7, 3) liegt (Tabelle 4), kann nicht gegeben werden. Unter Berücksichtigung von Absorption, Transport und Verteilung von Vitamin E im Tierkörper (6, 15) ist bei kurzzeitigen hohen Vitamin-E-Gaben zuerst mit einem Anstieg der Vitamin-E-Konzentration im Serum zu rechnen, danach in Leber und Depotfett und am Ende in der Muskulatur. Mit Ausnahme des Rückenspeckes stieg in allen Proben die Vitamin-E-Konzentration nach Zulage von 0,5 g α -Tocopherylacetat gegenüber unsupplementierten Tieren deutlicher an als nach Verabreichung von weiteren 0,5 g. Im Rückenspeck war nach Erhöhung der Vitamin-E-Zulage von 0,5 g auf 1,0 g ein genau so deutlicher Anstieg (von 10,3 mg/kg auf 14,4 mg/kg) zu beobachten wie bei der Steigerung von 0 auf 0,5 g/Tier und Tag (von 6,6 mg/kg auf 10,3 mg/kg im Mittel aller Werte von Tabelle 4).

Aussagen über eine mögliche „Vitamin-E-Sättigung“ einzelner Organe und Gewebe läßt der durchgeführte Versuch nicht zu. In Untersuchungen mit Mastkühen beobachtete Nepp (21) selbst bei Gaben von 20 000 mg Vitamin E je kg Mischfutter in allen untersuchten Organ- und Gewebeproben noch einen Anstieg in der Vitamin-E-Konzentration. Rosenbauer (25) verglich Tagesgaben von 1,2 g Vitamin E je Mastschwein während der letzten 21 Tage vor der Schlachtung mit einer Vitamin-E-Applikation von 100 mg/kg Mischfutter über den gesamten Mastabschnitt (25 – 115 kg LM) und konnte für beide Dosierungen vergleichbare Vitamin-E-Konzentrationen in Muskel- und Speckproben ermitteln. Daraus kann geschlossen werden, daß die im vorliegenden Versuch vorgenommene höchste Vitamin-E-Dosierung von 1 g je Tier während der letzten 21 Masttage in ihrer Wirkung annähernd mit der Dosierung von 100 mg je kg Mischfut-

ter über die gesamte Mastperiode der Schweine vergleichbar ist.

Zum Einfluß von Lagerungsbedingungen und damit auf den Vitamin-E-Gehalt in Körperproben liegen nur wenige Untersuchungen vor (z.B.: 13, 16, 17). Bei den ermittelten Vitamin-E- und TBARS-Gehalten in den Geweben gilt für die vorliegenden Daten die Einschränkung, daß die Bestimmungen nicht im frischen Zustand durchgeführt werden konnten, sondern erst nach einer 4-wöchigen Gefrierlagerung, was eine Vergleichbarkeit mit Literaturbefunden teilweise einschränkt.

Im Muskel und Rückenspeck hatte in Übereinstimmung mit der Literatur (Zusammenfassung bei 10) die Vitamin-E-Zulage einen signifikanten Einfluß auf die TBARS-Werte (Tabelle 6). Diese Befunde werden durch die mittels Rancimat-Test gemessenen Induktionszeiten im Rückenspeck bestätigt (Tabelle 7). Die Ergebnisse belegen, daß zusätzliche Vitamin-E-Gaben die oxidative Stabilität von Fleisch und Fett erhöhen. Dieser Stabilisierungseffekt spiegelt sich auch in den Werten der Fleischfarbe wider. Der Farbverlauf im Schinken zeigte deutliche Tendenzen. Sowohl der Rotanteil (a^* -Wert) als auch der Gelbanteil (b^* -Wert) nahmen im Verlauf der Lagerung über 15 Tage ab. Allgemein eignet sich ein hellerer Muskel, wie z.B. der *M. longissimus dorsi*, besser zur Farbmessung, da er gleichmäßiger gefärbt ist und die Farbhaltung besser ist. Erfahrungsgemäß ist in diesem Muskel der Verlauf der Farbwerte derart, daß Helligkeit und Gelbanteil mit der Lagerungsdauer zunehmen und der Rotanteil abnimmt. Durch erhöhte Vitamin-E-Gehalte im Gewebe werden diese Prozesse verlangsamt (z.B.: 26, 27).

Im Gegensatz zu den bisher diskutierten Kriterien hatten die zusätzlichen Vitamin-E-Gaben keinen signifikanten Einfluß auf die gemessenen pH-Werte und den Tropfsaftverlust des Muskelfleisches (Tabelle 3). In der Literatur gibt es Hinweise (z.B.: 2, 5), daß höhere Vitamin-E-Gaben zu einer Senkung des Tropfsaftverlustes bei Schweinefleisch führen können.

Obwohl bei der Mehrzahl der untersuchten Kriterien bereits nach Zulage von 0,5 g α -Tocopherylacetat (10,5 g/Tier) teilweise signifikante Effekte festgestellt werden konnten, hatte die tägliche Verabreichung von 1,0 g Vitamin E während der letzten 21 Tage der Mast (21 g/Tier) bei einzelnen Parametern (z.B.: Vitamin-E-Gehalt im Rückenspeck, Tabelle 4) eine deutlichere Wirkung.

Literatur

1. Anderson LE, Myer R O, Brendemuhl JH, McDowell L R (1995) Bioavailability of various vitamin E compounds for finishing swine. *J Anim Sci* 73: 490–495
2. Asghar A, Gray JA, Booren AM, Gomaa EA, Abouzied MM, Miller, EF (1991) Effect of suprenutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. *J Sci Food Agric* 57:31 – 41
3. Augustini C, Freudenreich P (1996) Vitamin-E-Einsatz in der Rindermast. *Mitteilungsblatt der BAFF Kulmbach* 35: (Nr. 132) 149–155
4. Botsoglou NA, Fletouris DJ, Papageorgiou GE, Vassilopoulos VN, Mantis AJ, Trakatellis A G (1994) Rapid, sensitive and specific Thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food and feedstuff samples. *J Agric Food Chem* 42: 1931–1937

5. Cheah K S, Cheah A M, Krausgrill D I (1995) Effects of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. *Meat Sci* 39:255–264
6. Cohn W, (1993) Tocopherol-Transport und Absorption. *Proc 4 Symp „Vitamine und weitere Zusatzstoffe bei Mensch und Tier“* Jena, 30.09./1.10. 1993: 71–82
7. Faustmann C, Cassens R G, Schaefer D M, Buege D R, Williams S N, Scheller K K (1989) Vitamin E supplementation of Holstein steer diets improves sirloin steak color. *J Food Sci* 54: 485–490
8. Flachowsky G, Kuhn K, Schneider A, Daenicke R (1998a) Influence of short-term Vitamin-E-supplementation to variously fed bulls on vitamin E content of body tissues and oxidative stability of kidney fat. *J Anim and Feed Sci* 7: (submitted)
9. Flachowsky G, Langbein T, Böhme H, Schneider A, Aulrich K (1998b) Effect of false flax expeller combined with short-term Vitamin-E-supplements in pigs feeding on fatty acids pattern, vitamin E concentration and oxidative stability of various times. *J Anim Phys a Anim Nutr* 78: (submitted)
10. Flachowsky G, Schaarmann G, Sünder A (1997a) Bedarfsübersteigende Vitamin E-Gaben in der Tierernährung. *Übersichten zur Tierernährung* 25: 87–136
11. Flachowsky G, Schöne F, Schaarmann G, Lübke F, Böhme H (1997b) Influence of oilseeds in combination with vitamin E supplementation in the diet on backfat quality of pigs. *Anim Feed Sci Techn* 64: 91–100
12. GfE, 1987 „Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere Nr. 4 Schweine“. Ausschluß für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie DLG Frankfurt (Main)
13. Hill G M, Williams S E (1993) Vitamin E in beef nutrition and meat quality. *Proc Minnesota Nutr Conf* Bloomington: pp 197–211
14. Hoppe DP, Schöner F-J, Wiesche H, Stahler-Geyer A, Kammer J, Hochadel H (1993) Effect of grade dietary α -tocopherol supplementation on concentration in plasma and selected tissues of pigs from weaning to slaughter. *J Vet Med A* 40: 219–228
15. Kayden HJ, Traber MG (1993) Absorption, lipoprotein transport, and regulation of plasma concentrations of Vitamin E in humans. *J Lipid Res* 34: 343–358
16. Kieser ML, Williams SE, Hill GM, Williams S N (1993) Interregulation of dietary vitamin E and postmortem storage on visual and oxidative properties of loin steak and ground beef. *Proc Reciprocal Meat Conf*: 174 (Abstr)
17. Klaus A-M, Fuhrmann H, Sallmann H-P (1995) Peroxidative and antioxidative metabolism of the broiler chicken as influenced by dietary linoleic acid and Vitamin E. *Arch Geflügelk* 59: 135–144
18. Klettner PG, Stiebing A (1980) Beitrag zur Bestimmung der Farbe in Fleisch und Fleischerzeugnissen: I. Einführung in die Grundlagen der Farbmessung. *Fleischwirtschaft* 60: 1970–1976
19. Leonhard M, Gebert S, Wenk C (1997) Vitamin E content of different animal products: Influence of animal nutrition. *Z Ernährungswiss* 36: 23–27
20. McDowell LR, Williams SN, Hidirolou N, Njeru CA, Hill GM, Ochoa L, Wilkinson NS (1996) Vitamin-E-supplementation for the ruminant. *Anim Feed Sci Techn* 60: 273–296
21. Nepp A, Schaarmann G, Schulze E, Richter G, Flachowsky G (1996) Untersuchung der Verträglichkeit hoher Vitamin-E-Gaben bei Mastkühen. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 5: 138
22. Nolan M R, Kennedy S, Blanchflower WJ, Kennedy DG (1995) Lipid peroxidation, prostacyclin and thromboxane A2 in pigs depleted of vitamin E and selenium and supplemented with linseed oil. *Brit J Nutr* 74: 369–380
23. Ochoa L, McDowell LR, Williams SN, Wilkinson N, Boucher J, Lentz EL (1992) α -Tocopherol concentration in serum and tissues of sheep fed different sources of Vitamin E. *J Anim Sci* 70: 2568–2573
24. Pardun H, Kroll E (1972) Bestimmung der Oxidationsstabilität von Ölen und Fetten mit Hilfe einer automatischen Version des SWIFT-Tests. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* 74: 366–372
25. Rosenbauer H, Honikel KD, Flachowsky G (1998) Einfluß von Dauer und Höhe der Vitamin-E-Supplementierung in der Schweinemast auf den Vitamin-E-Gehalt in verschiedenen Geweben. *Z Ernährungswiss* 37: (eingereicht)
26. Sanders SK, Morgan JB, Tatum JD, Smith GC (1993) Quality gains—due to Vitamin E supplementation—from cattle in the Strategic Alliance Field Study, Colorado State Univ, Fort Collins, CO: 35–49
27. Schwarz F, Augustini C, Timm M, Kirchgessner M, Steinhart H (1997) Einfluß von Vitamin-E-Zulagen in der Endmast von Jungbullen auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Vitamin-E-Gehalt im Gewebe. *Pro Soc Nutr Physiol* 6: 145
28. Sheehy P J A, Morrissey P A, Flynn A (1991) Influence of dietary α -tocopherol on tocopherol concentration in chick tissues. *Brit Poultry Sci* 32: 391–395
29. Steinhart H, Pfalzgraf A, Frigg M (1995) Rapid determination of α -tocopherol in muscle and adipose tissues of pork. *Zeitschr f Lebensm Unters Forsch* 200: 190–193
30. Sünder A, Schaarmann G, Flachowsky G (1997) Einfluß hoher Vitamin-E-Gaben an Masthähnchen und Legehennen auf den Vitamin-E-Gehalt in Lebensmitteln vom Geflügel. *Z Ernährungswiss* 36: 84
31. Vemmer H, Rosenbauer H, Flachowsky G (1997) Einfluß bedarfsübersteigender Vitamin-E-Gehalte im Futter auf die Leistung von Mastschweinen. *Proc 6 Symposium „Vitamine und weitere Zusatzstoffe in der Ernährung von Mensch und Tier“*, Jena, 24./25.09.1997, (im Druck)
32. Wang Y H, Leibholz J, Bryden W L, Fraser D (1996) Lipid peroxidation status as an index to evaluate the influence of dietary fats on vitamin E requirements of young pigs. *Brit J Nutr* 75: 81–95