

Schweinefleisch: Wie Nähr- und Genusswert noch besser werden können

Martina Müller Richli^{1,2}, Monika Zurlinden¹, Eugenia Harms¹, Curdin Giger¹, Patrick Stratz² und Martin Scheeder^{1,2}

¹Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen, Schweiz

²SUISAG, 6204 Sempach, Schweiz

Auskünfte: Martin Scheeder, E-Mail: martin.scheeder@bfh.ch



Durch Fütterung und Lagerung kann der Nähr- und Genusswert von Schweinefleisch klar verbessert werden. (Foto: Proviande)

Einleitung

Ansätze und Potenzial für Verbesserungen

In einem Projekt im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 69 «Gesunde Ernährung und nachhaltige Lebensmittelproduktion» sollte u. a. gezeigt werden, mit welchen Massnahmen Schweinefleisch noch gesünder und sensorisch hochwertiger gemacht werden kann. Ansatzpunkte, um die Fleisch- und Fettqualität zu verbessern, bieten dabei Fütterung, Genetik und Verarbeitung. Die Qualität von Schweinefett ist von entscheidender Bedeutung, da es in erheblichem Umfang für die Herstellung von Fleischprodukten eingesetzt wird. Die Fettqualität kann direkt über die Fütterung beeinflusst werden, hat aber auch eine deutliche genetische Komponente (Müller *et al.* 2015). Auch für die menschliche Ernährung spielt nicht in erster Linie die Menge des auf-

genommenen Fettes sondern die Zusammensetzung eine wichtige Rolle (Laaksonen *et al.* 2005). Fette sind aus gesättigten (SFA), einfach ungesättigten (MUFA) und mehrfach ungesättigten (PUFA) Fettsäuren (FS) zusammengesetzt. Bei den PUFA werden Omega-3- (n-3) und Omega-6-Fettsäuren (n-6) unterschieden. Diese PUFA können ganz spezifische Funktionen übernehmen. So z. B. die Arachidonsäure (ARA, 20:4n-6), eine n-6-Fettsäure, die typischerweise in tierischem Gewebe und somit in Fleisch gefunden wird. Sie ist nicht nur Bestandteil von Zellmembranen sondern auch Vorstufe von Eicosanoiden (Gewebshormone), welche z. B. entzündungsfördernd wirken und die Blutgerinnung beschleunigen. Direkter Gegenspieler der ARA und Vorstufe entzündungshemmender Eicosanoide ist die n-3-Fettsäure Eicosapentaensäure (EPA, 20:5n-3).

Der menschliche Körper kann n-3- und n-6-Fettsäuren nicht selber bilden und muss sie mit der Nahrung aufnehmen. Die alpha-Linolensäure (ALA, C18:3n-3), eine Vorstufe der EPA, findet sich in Leinöl und grünen, vegetativen Pflanzenteilen. Vorstufe der ARA ist die in vielen Pflanzenölen überwiegend vorhandene Linolsäure (LA, 18:2n-6). Die westlichen Ernährungsgewohnheiten führen in der Regel zu einem n-6/n-3-Verhältnis von deutlich über 10 (Simopoulos 2008). Um das Risiko für sogenannte Zivilisationskrankheiten zu reduzieren, wird ein n-6/n-3-Verhältnis kleiner als 5 in der Gesamtdiät empfohlen (ebd; DACH 2013). Ein Nachteil der n-3-PUFA ist die geringe Oxidationsstabilität und das damit einhergehende Risiko für Ranzigkeit bei Fleisch und Fleischwaren. Einen oxidativen Schutz können Selen und Vitamin E bieten. Beide Komponenten lassen sich ebenfalls über die Fütterung beeinflussen. In Tierfutter dürfen dabei maximal 0,5 mg Selen pro Kilogramm enthalten sein, wobei maximal 0,2 mg Selen in Form von Selenhefe d. h. organisch gebunden vorliegen dürfen (EU 2013). Für die Konsumentinnen und Konsumenten naheliegender als gesundheitliche Aspekte dürfte aber wohl der Genusswert des Fleisches sein, für den die Zartheit

wiederum eine grundlegende Rolle spielt. Daher wurden in diesem Projekt auch Möglichkeiten zur Verbesserung der Zartheit des Fleisches durch züchterische und technologische Massnahmen untersucht. So werden die Reifung des Fleisches und die Elektrostimulation der Schlachtkörper bei Rindfleisch angewendet, sind bei Schweinefleisch aber nicht üblich.

Material und Methoden

In diesem Projekt sollte die Praxistauglichkeit einer speziellen Fütterung zur Anreicherung von n-3 Fettsäuren sowie Selen und Vitamin E geprüft werden. Dazu wurden drei Betriebe mit unterschiedlichen Fütterungsverfahren ausgewählt: Durchmastfütterung mit Futterautomat, flüssige Zweiphasenfütterung und eine flüssige Mehrphasenfütterung (Müller Richli *et al.* 2019).

In diesen Mastbetrieben wurde in je drei Versuchsumtrieben das Futter mit 200 mg Vitamin E/kg, 2,5 % Leinsaat sowie 0,2 mg/kg organisch gebundenem Selen (Selenhefe) ergänzt. In je einem Versuchsumtrieb wurde zusätzlich 0,25 mg Na-Selenit zugegeben. Zudem wurden zwei Kontrollumtriebe mit üblichem Futter durchgeführt.

Bei je einem Versuchsdurchgang (mit 0,2 mg/kg Se aus Selenhefe) pro Betrieb wurde von einem Schlachtposten Fleisch und Fett für die Produktion von Bratwürsten (Abb. 1), Rohessspeck und Rohschinken entnommen. Zu jedem dieser drei Versuchsposten wurde im Schlachthof von einem zufällig ausgewählten, am selben Tag anfallenden Schlachtposten Material für Kontrollprodukte entnommen. Der Gehalt an Selen in Futter, Frischfleisch und Fleischprodukten wurde im «Laboratorium der Urkantone» in Brunnen bestimmt, der Gehalt an Vitamin E in Futter und Fleischprodukten im Institut von Prof. Kurz in Köln, Deutschland.

Für die Ermittlung des Fettsäuremusters wurden die im Schlachthof routinemässig gezogenen Fettproben sowie Proben der Würste und des Rohessspecks mittels Gaschromatografie im Labor der SUISAG in Sempach analysiert. Die Ermittlung der Jodzahl erfolgte rechnerisch aus dem Fettsäuremuster. Für die Messung der Oxidationsstabilität wurden bei ausgewählten Einzeltieren Proben aus der subkutanen Schicht des Rückenspecks homogenisiert und nach 60 und 150 Tagen Tiefkühlage die Induktionszeit, d. h. die Zeit bis zum Einsetzen der Autooxidationsprozesse, ermittelt.

Etwaige Effekte der Fütterung auf die sensorische Qualität der Fleischprodukte wurden an Schweinsbratwürsten und Rohessspeck überprüft. Für eine objektive Unterschiedsprüfung der Bratwürste wurden an der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaft

Zusammenfassung

Mit einem Fütterungsversuch auf drei Schweinemastbetrieben wurden Möglichkeiten untersucht, Schweinefleisch mit einem besonderen gesundheitlichen Wert zu produzieren, welches gleichzeitig einen hervorragenden Genusswert aufweist. Über Zulagen im Futter konnten Selen, Vitamin E und Omega-3-Fettsäuren im Fleisch und Fett von Schweinen und daraus hergestellten Fleischprodukten angereichert werden. Die erwünschte Verbesserung des Omega-6/Omega-3 (n-6/n-3)-Verhältnisses auf unter 5 wurde erreicht und der Vitamin-E-Gehalt war in den Fleischprodukten der Versuchstiere erhöht. Mit einer kombinierten Zulage von organisch gebundenem und anorganischem Selen im Futter wurde im Fleisch ein Selengehalt sicher erreicht, welcher die Auslobung als «Quelle von Selen» erlaubt. Die sensorische Qualität der Fleischprodukte wurde nicht negativ beeinflusst. Eine von drei auf neun Tage verlängerte Reifung verbesserte die Zartheit. Diese kann aufgrund der geschätzten Heritabilität von ca. 37 % und der grossen phänotypischen Varianz auch züchterisch verbessert werden. Eine Elektrostimulation der Schlachtkörper ergab keine spürbare Verbesserung der Zartheit. Mit den überprüften Massnahmen stehen praxistaugliche Verfahren zur Verfügung, mit denen der Nähr- und Genusswert von Schweinefleisch verbessert werden kann.

HAFL von einem sensorischen Fachpanel Dreieckstests durchgeführt. Die Würste wurden dabei im Wasserbad erwärmt, um maskierende Einflüsse eines Grillaromas zu vermeiden. Zusätzlich wurde ein Präferenztest mit insgesamt 191 Personen (Mitarbeiter und Studierende HAFL) durchgeführt. Dazu wurden die Würste in einem Plattenkontaktgrill zubereitet und je zwei halbe Bratwürste (Versuch und Kontrolle) auf je einem Teller gereicht (Abb. 1). Die Teilnehmenden mussten entscheiden, welche Wurst sie bevorzugen und die Wahl begründen. Rohessspeck wurde von je drei Tieren aus den jeweiligen Versuchs- und Kontroll-Schlachtposten produziert. Für den Dreieckstest mit dem sensorischen Fachpanel wurden die Specktranchen dieser drei Tiere homogenisiert, um etwaige Textureffekte auszuschliessen, da es das Ziel war, eventuelle Aromaabweichungen oder Ranzigkeit



Abb. 1 | Aus Schulter, langen Riemen (links), Gewürzen, Salz und Kalbsbrät wurden Bratwürste hergestellt und einem Präferenztest (Mitte) sowie einem Dreieckstest (rechts) unterzogen. (Fotos: HAFL)

zu identifizieren. Zusätzlich wurden für einen «Home-Use-Test» von den 18 verschiedenen Rohess-Speckseiten Degustationssets mit Tranchen von je drei Kontroll- und drei Versuchstieren zusammengestellt und unter anderem an Mitarbeiter der HAFL und SUISAG verteilt. Die Personen waren angehalten, die Proben bezüglich Ge-

samtakzeptanz von 1 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut) zu benoten und allenfalls Bemerkungen zu den Proben aufzuschreiben. 131 Fragebogen kamen zurück.

Für die Untersuchung von Möglichkeiten zur Optimierung der Zartheit wurden ein Reifungsversuch, ein Versuch mit Elektrostimulation der Schlachthälften sowie umfangreiche Scherkraft-Messungen bei MLP-Prüftieren durchgeführt. Für den Reifungsversuch wurden zwei Nierstückplätzli 24 Stunden post mortem unter Vakuum in einem Plastiksack eingeschweisst und für zwei beziehungsweise acht Tage im Kühlraum bei ca. 2°C gelagert. Anschliessend wurden die Stücke gegart (Wasserbad bei 72°C., 45 min) und bis zur Scherkraftanalyse tiefgefroren gelagert. Nach dem Auftauen wurden mit einem Hohlbohrer vier zylinderförmige Proben entlang der Faserichtung entnommen und in einem Textur Analyzer ausgerüstet mit einer Warner-Bratzler-Scherzelle geschert. Der Elektrostimulationsversuch wurde an 45 Schlachtschweinen (nicht aus dem Fütterungsversuch) durchgeführt. Dabei wurde jeweils eine Schlachtkörperhälfte so stimuliert, dass nur der Rückenmuskel durchströmt wurde (Abb. 2).

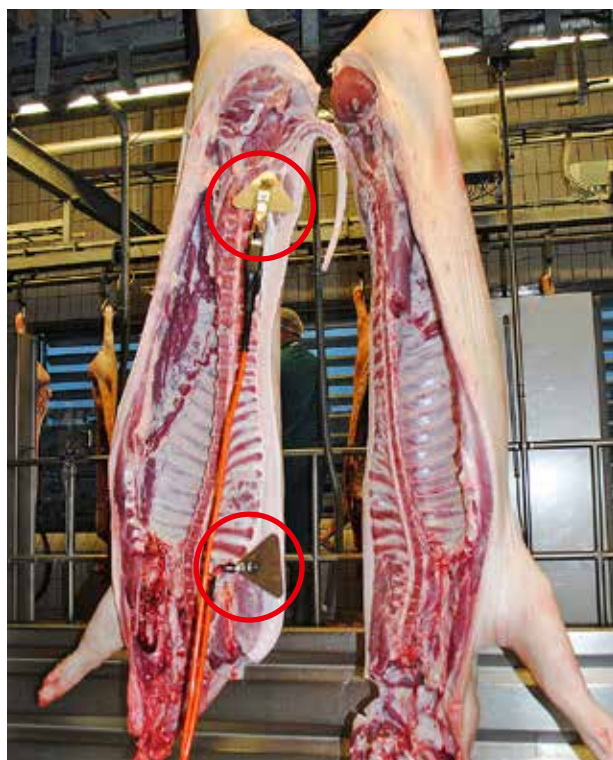


Abb. 2 | Mit Metalldornen (Kreise) wurden die Elektroden so am Schweineschlachtkörper angebracht, dass nur der Rückenmuskel durchströmt wurde. (Foto: C. Giger)

Die statistischen Analysen der Fettqualität und Induktionszeit erfolgte mittels Varianzanalyse (NCSS, Methode GLM) mit dem Faktor Futter sowie der Kovariable Schlachtgewicht.

Die Möglichkeit einer züchterischen Bearbeitung der Zartheit wurde an der Mast- und Schlachtleistungsprüfanstalt der SUISAG untersucht, indem Kochverlust und Scherkraftmessungen an Proben von 1477 Tieren wie oben beschrieben durchgeführt und mit dem Programm ASReml Varianzkomponenten geschätzt wurden.

Resultate und Diskussion

Gesundes Fett

In allen bezüglich der Fettqualität gemessenen Merkmalen ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Kontroll- und Versuchstieren. Wie erwartet stiegen der PUFA-Gehalt, die Jodzahl und die n-3-Fettsäuren im Rückenspeck durch die Versuchsfutter an, die SFA und MUFA waren gleichzeitig reduziert (Tab. 1). Der absolute Gehalt an langkettigen n-3-FS im Rückenspeck war sehr gering. Aus der Untersuchung von Sotnikova (2008) kann aber abgeleitet werden, dass der Anteil dieser funktionellen FS im Fleisch höher liegt. Der Gehalt der n-6-FS LA stieg ebenfalls etwas an, das n-6/n-3 Verhältnis fiel aber dennoch von über 10 auf unter 5 und damit in den erwünschten Bereich. Noch deutlicher fiel das Verhältnis ARA/EPA, was hinsichtlich der spezifischen Funktionen dieser FS als besonders vorteilhaft zu werten ist (Tab. 1). Die im Rückenspeck zu beobachtenden Effekte der Fütterung auf die FS-Zusammensetzung waren

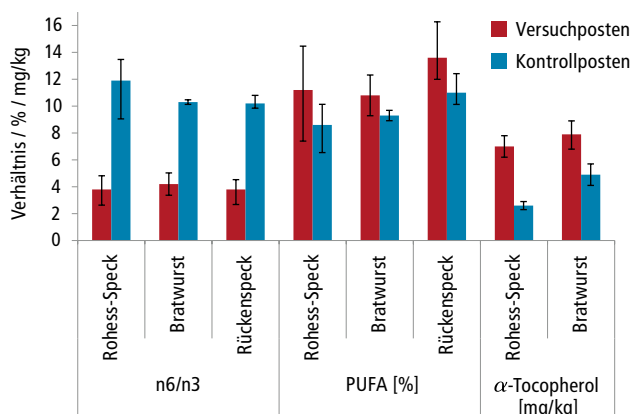


Abb. 3 | Omega-6(n-6)/Omega-3(n-3)-Verhältnis, PUFA- und Vitamin E-Gehalte und von Rückenspeck, Bratwürsten und Rohess-Speck. Die Fehlerindikatoren zeigen die Minimal- und Maximalwerte an.

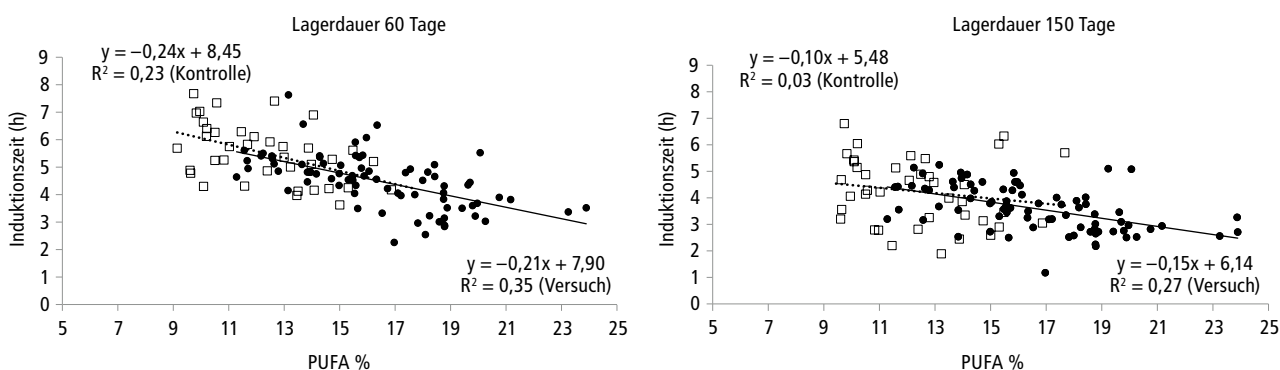


Abb. 4 | Zusammenhang zwischen der Induktionszeit und dem Gehalt an PUFA nach 60 und 150 Tagen Tiefkühl-Lagerung des Rückenspecks. □ = Kontrollgruppe; ● = Versuchsgruppe; = lineare Trendlinie Kontrollgruppe; — = lineare Trendlinie Versuchsgruppe

Tab. 1 | Statistische Analyse Fettqualität (Rückenspeck, Posten Kratzprobe, GC-Analyse).

	Kontrolle	p ¹	Versuch
n Schlachtposten	15		31
SFA %	41,3	***	40,4
MUFA %	47,4	***	45,3
PUFA %	11,3	***	14,3
Jodzahl	61,6	***	67,0
ALA %	0,65	***	2,55
EPA %	0,007	***	0,036
DPA %	0,077	***	0,180
DHA %	0,025	***	0,037
LA %	9,2	***	10,0
ARA %	0,21	*	0,16
ARA/EPA	26,5	***	5,03
n6/n3	11,5	*	3,6

¹p aus GLM-Anova, *** p < 0,001, ** 0,001 ≤ p < 0,01, * 0,01 ≤ p < 0,05

in qualitativ gleicher Weise auch bei den Fleischprodukten zu verzeichnen (Abb. 3). Diese Resultate konnten allerdings aufgrund der geringen Probenanzahl nicht statistisch ausgewertet werden.

Die Fettproben der Tiere aus den Versuchsumtrieben zeigten mit Induktionszeiten von 4,6 Stunden nach 60 Tagen und 3,7 Stunden nach 150 Tagen Lagerdauer signifikant tiefere Werte als die Kontrollproben mit 5,5 respektive 4,2 Stunden und somit eine geringere Oxidationsstabilität. Dabei zeigte sich bei den 60 Tagen gelagerten Proben ein deutlicher negativer Zusammenhang zwischen dem PUFA-Gehalt und der Induktionszeit, der sich nach einer längeren Lagerung jedoch abschwächte. Der Zusammenhang ist dabei in den Versuchs- und Kontrollgruppen nahezu gleich, was dafür spricht, dass alleine der Gehalt und nicht die Art der PUFA ausschlaggebend war. Da in den Versuchsproben ein höherer Anteil n-3 Fettsäuren vorlag, welche eine erheblich höhere Oxidationsanfälligkeit aufweisen, wäre eine noch geringere Oxidationsstabilität zu erwarten gewesen. Dass dies

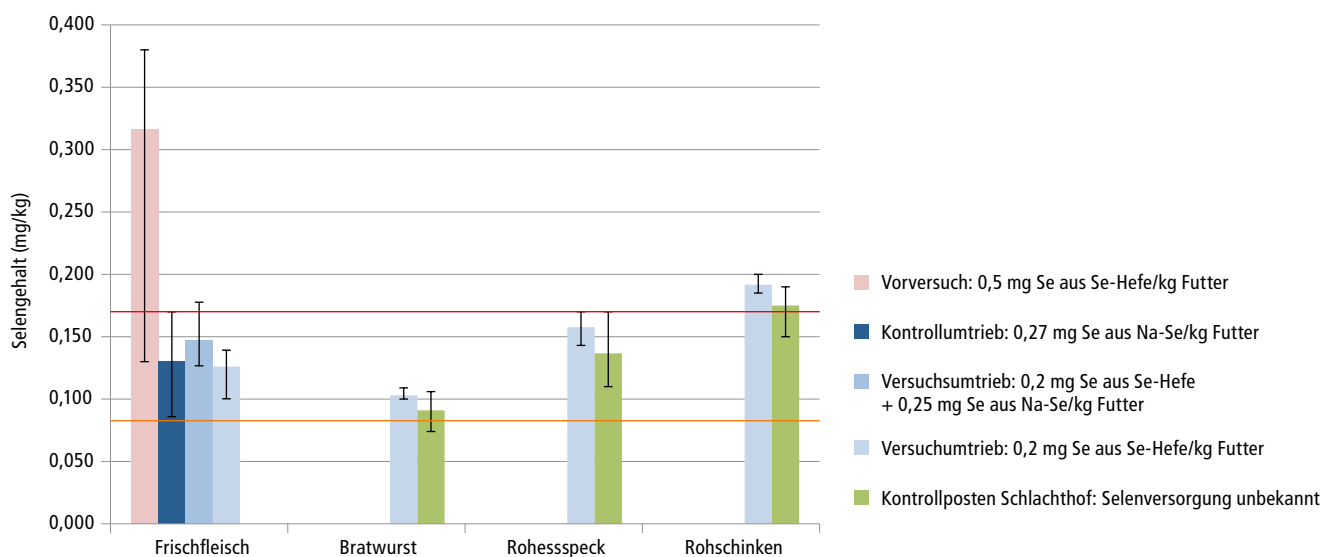


Abb. 5 | Selengehalt in Fleisch und Fleischprodukten. Orange Linie: ab einem Gehalt von 0,0825 mg/kg darf ein Produkt mit «Quelle von Selen» bezeichnet werden. Rote Linie: ab einem Gehalt von 0,17 mg/kg darf ein Produkt mit «reich an Selen» bezeichnet werden. Die Fehlerindikatoren bezeichnen die Minimal- und Maximalwerte. Bei den Kontrollposten Schlachthof sind die Gehalte im Futter unbekannt, da es sich um zufällig im Schlachthof ausgewählte Posten handelt. Die meisten Schweizer Futtermöhlen reichern ihr Futter mit anorganischem Selen an.

nicht beobachtet wurde, dürfte auf die antioxidativen Effekte des erhöhten Vitamin E-Gehaltes zurückzuführen sein (Abb. 3).

Bereits gut mit Selen versorgt

Durch die kombinierte Zugabe von 0,25 mg Na-Selenit und 0,2 mg organisch gebundenem Selen konnte der Selengehalt im Fleisch (0,147, 0,131–0,176 mg/kg) im Vergleich zu der alleinigen Zulage von 0,2 mg organisch gebundenem Selen (0,126, 110–142 mg/kg) noch etwas erhöht werden. Das Kontrollfutter mit Zulage von 0,27 mg/kg Na-Selenit ergab bereits ähnlich hohe Selengehalte im Fleisch wie die Zulage von 0,2 mg/kg organisch gebundenem Selen (Abb. 5). Ähnliche Werte sind bei Jilali *et al.* (2014), Li *et al.* (2011) und Svoboda *et al.* (2010) zu finden. Im Vergleich dazu konnte in Vorversuchen der Amrein Futtermühle (Sempach-Station) in den Jahren 2008 bis 2014 (unveröffentlichte Daten) bei denen – damals noch legal – bis zu 0,50 mg organisch gebundenes Selen eingesetzt wurde, ein Gehalt von im Mittel 0,32 mg/kg Fleisch erreicht werden (Abb. 5). Das deutet, wie die Ergebnisse aus den Arbeiten von Svoboda *et al.* (2010) und Li *et al.* (2011), darauf hin, dass das organisch gebundene Selen aus der Hefe besser aufgenommen wird als Na-Selenit. Auf dem niedrigeren Versorgungsniveau zeigten sich in diesem Versuch dagegen keine Unterschiede. Auch im Vergleich von Wurst, Speck und Schinken der Versuchstiere mit den Produkten der zufällig im Schlachtbetrieb ausgewählten Kontrolltiere,

über deren Fütterung nichts bekannt war, wurden ähnlich hohe Selengehalte gefunden (Abb. 5). Nach Informationen verschiedener Futtermöhlen ist es in der Schweiz üblich, das Schweinefutter mit Selen anzureichern. Ein Grund dafür dürfte sein, dass die Schweizer Böden arm an Selen sind und deshalb auch die darauf wachsenden pflanzlichen Futter- und Nahrungsmittel. Die empfohlene Tagesdosis für erwachsene Menschen liegt bei 0,055 mg pro Tag (EDI 1.1.2014a). In der Schweiz wird im statistischen Mittel ein Viertel davon über Fleisch aufgenommen (Jenny-Burri *et al.* 2010). Als «Quelle von Selen» kann ein Produkt angepriesen werden, wenn in 100 g des Produktes 15 % der empfohlenen Tagesdosis enthalten sind (EDI 1.1.2014b). Bei Selen wären dies 0,00825 mg pro 100 g. Mit «reich an Selen» darf ein Produkt beworben werden, wenn mindestens 30 % der empfohlenen Tagesdosis entsprechend 0,017 mg pro 100 g enthalten sind (ebd.).

Durch die Zugabe von organisch gebundenem Selen kann offenbar sichergestellt werden, dass Schweinefleisch und daraus hergestellte Fleischprodukte mehr als 0,0825 mg Selen/kg enthalten und daher als «Quelle von Selen» gelten können (Abb. 5).

Gesunde und schmackhafte Produkte

Die Bratwürste der Versuchstiere konnten durch das sensorische Fachpanel im Dreieckstest nicht von den Kontrollwürsten unterschieden werden und zeigten auch im Konsumentenakzeptanztest und Präferenztest keine



Abb. 6 | Auch bei fettreichen Produkten wie beim Speck wurden trotz hohen PUFA-Gehalten keine geschmacklichen Abweichungen gefunden. Fettterer Speck wurden allerdings schlechter beurteilt. (Foto: HAFL)

signifikanten Abweichungen. Beim Rohessspeck fand das Fachpanel bei einem Betrieb Abweichungen, die als starke Salzigkeit angegeben wurde. Dies dürfte mit dem geringeren Fettgehalt dieser Speckseiten und dem damit höheren Anteil an Fleisch, welches das Salz besser aufnimmt, zu erklären sein. Auch beim Home-Use-Test konnte kein Zusammenhang zwischen PUFA-Gehalt und Geschmack oder Gesamtnote festgestellt werden. Specktranchen mit hohem Fettgehalt wurden aber eher schlecht benotet (Pearson-Korrelationskoeffizient $r = -0,57$), was wohl auch mit dem visuellen Eindruck zusammenhing (Abb. 6). In den 131 Antwortbögen mit insgesamt 778 Bewertungen wurden nur in acht Fällen Proben mit «säuelen/Saugeschmack» bezeichnet, in vier Fällen mit «ranzig» und einmal mit «fischig».

Zartes Fleisch durch Lagerung

Neben dem Geschmack ist, insbesondere bei Frischfleisch, die Zartheit das wichtigste Qualitätskriterium des Genusswertes. Fleischreifung – bei Schweinefleisch kaum angewendet – hat ein grosses Potenzial, die Zartheit zu verbessern (Muroya *et al.* 2010). Auch in dieser

Untersuchung waren die insgesamt neun Tage im Kühler gelagerten Nierstücke signifikant zarter (Scherkraft 33,5 N) als die nur zwei Tage gelagerten (43,4 N). Dabei waren keine Unterschiede zwischen Kontroll- und Versuchstieren zu erkennen (Abb. 7 und 8). Einer Studie zur Zartheit von Rindfleisch zufolge (Dufey *et al.* 2017) sind Konsumenten bei Werten über 38,3 N «nicht zufrieden». Durch die Reifung ist ein Grossteil der Proben unter diese Akzeptanzgrenze von 38,3 N gefallen. Wichtig ist



Abb. 8 | Bei länger gereiftem Fleisch braucht der Texture Analyzer weniger Kraft, um es zu zerschneiden, d.h. es ist zarter. (Foto: HAFL)

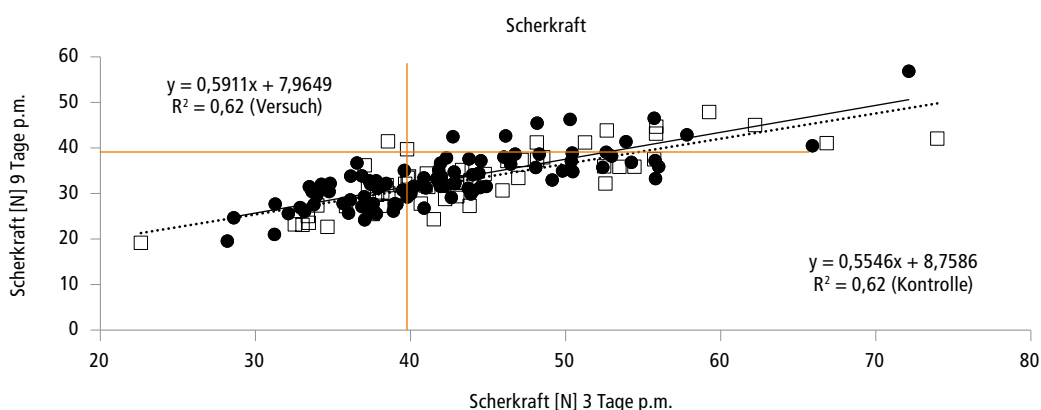


Abb. 7 | Scherkraftwerte von gereiften (9 Tage nach der Schlachtung) und ungereiften Nierstücken. □ = Kontrollgruppe; ● = Versuchsgruppe; = lineare Trendlinie Kontrollgruppe; — = lineare Trendlinie Versuchsgruppe. Orange Linien bezeichnen die Grenze von 38,3 N, ab der die Konsumenten «nicht mehr zufrieden» mit der Zartheit sind.

auch die Beobachtung, dass die Scherkraftwerte vor und nach der Reifung eng korrelieren. Für eine Erfassung der Zartheit im Rahmen einer Leistungsprüfung erscheint es also möglich, die Messungen zu einem frühen Zeitpunkt nach der Schlachtung durchzuführen.

Als weitere technologische Massnahme zur Verbesserung der Zartheit ist beim Rind die Elektrostimulation (EL) des Schlachtkörpers bekannt (Razminowicz *et al.* 2008). Bei Schweinen ist die EL nicht üblich, weil der Metabolismus *post mortem* schneller abläuft und in Kombination mit EL zu PSE-Fleisch (pale, soft, exudative) führen kann. Andererseits wurde beobachtet, dass die elektrische Betäubung die Zartheit im Nierstück verbesserte (Müller Richli *et al.* 2011). Die auf das Nierstück beschränkte Elektrostimulation, wie sie im Rahmen dieser Arbeit angewandt wurde, erzeugte zwar deutliche und starke Kontraktionen des Rückenmuskels, aber keine konsistenten Effekte auf die Fleischqualität. Weder beim pH-Verlauf noch bei der Zartheit wurden reproduzierbare Unterschiede beobachtet und auch die in einzelnen Versuchsserien ermittelten positiven Effekte auf den Kochverlust waren nicht konsistent. Die Elektrostimulation brachte also keinen relevanten Nutzen.

Als vielversprechend erwies sich dagegen der Ansatz, die Zartheit züchterisch zu bearbeiten. Die Schätzung der Varianzkomponenten für die bei Prüftieren an der MLP Sempach erhobenen Scherkraftwerte und Kochverluste ergab ansprechende Erblichkeiten von 37 beziehungsweise 51 %. Zusammen mit der vergleichsweise grossen phänotypischen Varianz in diesen beiden Merkmalen sind damit gute Voraussetzungen für eine erfolgreiche Selektion gegeben. Dementsprechend wird die Scherkraft als Merkmal für die Zartheit des Fleisches voraussichtlich im Sommer 2019 in die Zuchtwertschätzung für die Edelschwein-Vaterlinie aufgenommen werden.

Literaturverzeichnis

- DACH-Referenzwerte, 2013. Schweizerische Gesellschaft für Ernährung. Zugang: <http://www.sge-ssn.ch/grundlagen/lebensmittel-und-naehrstoffe/naehrstoffempfehlungen/dachreferenzwerte/> [12.12.2018]
- Dufey, P.A., Silacci P., Dougoud B., Boilley C. & Messadene J., 2017. Zartheit beim Rindfleisch: Validierung der Normen für die instrumentelle Bestimmung. *Agrarforschung Schweiz* 8 (7–8), 268–275.
- EDI (Eidgenössisches Departement des Innern), 1.1.2014a: Verordnung des EDI über den Zusatz essenzieller oder physiologisch nützlicher Stoffe zu Lebensmitteln.
- EDI (Eidgenössisches Departement des Innern), 1.1.2014b: Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln.
- EU (Europäische Union), 2013: Durchführungsverordnung (EU) Nr. 427/2013 der Kommission vom 8. Mai 2013 über die Zulassung von Selenomethionin aus *Saccharomyces cerevisiae* NCYC R646 als Zusatzstoff in Futtermitteln für alle Tierarten und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 1750/2006, (EG)

Schlussfolgerungen und Perspektive

Das n-6/n-3-Verhältnis und damit der ernährungsphysiologische Wert von Schweinefleisch kann durch die Fütterung deutlich verbessert werden, ohne dass mit Einbussen am Genusswert der daraus hergestellten Produkte zu rechnen ist, wenn die erhöhte Oxidationsanfälligkeit durch einen höheren Vitamin-E-Gehalt ausgeglichen wird. Darüber hinaus kann durch eine Zugabe von 0,2 mg organisch gebundenem Selen in Kombination mit 0,25 mg Na-Selenit pro Kilogramm Futter sichergestellt werden, dass das Fleisch als «Quelle von Selen» gelten darf.

Der Genusswert, im Sinne der Zartheit, kann durch eine Reifung des Fleisches bedeutend verbessert werden, wohingegen die Elektrostimulation in dieser Hinsicht nicht überzeugt. Auch die züchterische Selektion bietet sich als geeignete Massnahmen zur Verbesserung der Zartheit an.

Insgesamt kann gefolgert werden, dass umsetzbare Massnahmen zur Verbesserung von Genuss- und Nährwert des Schweinefleisches zur Verfügung stehen. ■

Dank

Wir danken der Micarna SA, der Amrein Futtermühle AG, der Fredy Müller Phanta-Porc Schweinevermarktung AG und den Mästern für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit. Dem Schweizerischen Nationalfond danken wir für die Unterstützung im Rahmen des nationalen Forschungsprogramms 69.

Nr. 634/2007 und (EG) Nr. 900/2009 im Hinblick auf die maximale Supplementierung mit Selenhefe Text von Bedeutung für den EWR. DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 427/2013.

- Jenny-Burri, J., Haldimann M. & Dudler V., 2010. Estimation of selenium intake in Switzerland in relation to selected food groups. *Food Additives and Contaminants A* 27 (11), 1516–1531.
- Jläli M., Briens M., Rouffineau F., Geraert P. A. & Mercier Y., 2014. Evaluation of the efficacy of 2-hydroxy-4-methylselenobutanoic acid on growth performance and tissue selenium retention in growing pigs. *Journal of Animal Science* 92 (1), 182–188.
- Laaksonen D. E., Nyyssonen K., Niskanen L., Rissanen T. H. & Salonen J. T., 2005. Prediction of cardiovascular mortality in middle-aged men by dietary and serum linoleic and polyunsaturated fatty acids. *Archives of internal medicine* 165 (2), 193–199.

Riassunto**Come migliorare i valori nutrizionali e il sapore della carne di maiale**

Con uno studio sull'alimentazione in tre allevamenti di maiali da ingrasso sono state analizzate diverse possibilità per produrre carne di maiale a elevato valore nutrizionale che possedesse allo stesso tempo un sapore eccellente. Grazie alle integrazioni apportate al foraggio è stato possibile arricchire la carne e il grasso dei maiali e i prodotti carnei da essi derivati con selenio, vitamina E e acidi grassi omega-3. Come auspicato, il rapporto omega-6(n-6)/omega-3(n-3) è stato portato al di sotto di 5 ed è stato aumentato il tenore di vitamina E nei prodotti carnei degli animali campione. Con l'integrazione combinata di selenio organico e inorganico nel foraggio è stato raggiunto un tenore di selenio nella carne tale da consentire la denominazione «Fonte di selenio». La qualità organolettica dei prodotti carnei non è stata influenzata negativamente. Una frollatura prolungata da tre a nove giorni ha conferito alla carne una maggior tenerezza. Quest'ultima, sulla base dell'ereditabilità stimata di circa il 37% e dell'ampia varianza fenotipica, può essere migliorata anche tramite la selezione. Nessun miglioramento significativo della tenerezza, invece, è stato osservato con l'elettrostimolazione delle carcasse. Grazie alle misure esaminate sono ora a disposizione procedimenti pratici con i quali è possibile migliorare il valore nutrizionale e il sapore della carne di maiale.

Summary**How nutritional value and eating quality of pork can be further improved**

A feeding experiment was conducted on three pig farms to evaluate the possibility of producing pork with both a specifically improved nutritional value and exceptional eating quality. By supplementing the feed, the concentrations of selenium, vitamin E and omega-3 fatty acids were increased in the meat and adipose tissue of the pigs as well as in the subsequent meat products. The omega-6/omega-3 ratio was improved to a desirable value below five. A combined supplementation of organic (selenomethionine) and inorganic (sodium selenite) selenium ensured that the meat contained enough selenium to permit the claim «source of selenium». The eating quality of the meat products was not impaired. Prolonged ageing of the meat from three to nine days markedly improved its tenderness. With a heritability of 0,37 and an observed high variation, pork tenderness can also be improved by means of breeding. In contrast, electrostimulation of the carcasses did not consistently improve the tenderness. We conclude that applicable measures to improve nutritional value and eating quality of pork under practical production conditions are available.

Key words: pork, meat and fat quality, selenium, vitamin E, omega-3 fatty acid.

- Li J.-G.; Zhou J.-C., Zhao, H., Lei X.-G., Xia X.-J., Gao G. & Wang K.-N. 2011. Enhanced water-holding capacity of meat was associated with increased *Sepw1* gene expression in pigs fed selenium-enriched yeast. *Meat Science* **87** (2), 95–100.
- Müller Richli M., Kaufmann D. & Scheeder M., 2015. Bestimmung der Schweinefleischqualität für die Zuchtwertschätzung. ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung, Band 38 (Hrsg. Kreuzer M. *et al.*), 159–163.
- Müller Richli M., Bee G., Stoffers H. & Scheeder M., 2011. Strukturfehlern in Schweineschinken auf der Spur. ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung, Band 34 (Hrsg. Kreuzer M. *et al.*), 22–36.
- Müller Richli M. & Scheeder M., 2019 Schweinefleisch: gute Masterergebnisse trotz reduziertem Rohproteingehalt im Futter. *Agrarforschung Schweiz* **10** (4), 156–163.
- Muroya S., Ertbjerg P., Pomponio L. & Christensen M., 2010. Desmin and troponin T are degraded faster in type IIb muscle fibers than in type I fibers during postmortem aging of porcine muscle. *Meat Science*. **86** (3), 764–769, 2010.
- Racminovicz R.H., Kreuzer M. & Scheeder M., 2008. Effect of electrical stimulation, delayed chilling and post mortem aging on the quality of *M. longissimus* and *M. biceps femoris* of grass-feed streers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **88**, 1344–1353.
- Simopoulos, A.P., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental biology and medicine (Maywood, N.J.)* **233** (6), 674–688.
- Sotnikova I., 2008. Dietary strategies to improve the nutritional value of pork while maintaining a high sensory and technological quality. Dissertation ETH Zürich.
- Svoboda M., Fajt Z., Banoch T., Drabek J., Salakova A. 2010. The use of selenium enriched *Enterococcus faecium* as an alternative selenium source for growing-finishing pigs. *Acta Veterinaria Brno* **79** (4), 511–517.