

Verfahrenen mit einer Methode zur schnellen Bestimmung des Wasser-, Eiweiß- und Fettgehaltes an Fleisch und Fleischwaren

ARNETH

Landesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

Der zunehmende Kostendruck erfordert auch bei der Herstellung von Fleischwaren eine Rationalisierung der Produktionsweise. Einen wichtigen Beitrag in dieser Hinsicht kann die Standardisierung des Verarbeitungsfleisches leisten; sie schafft nämlich die Voraussetzungen dafür, Produkte hergestellt werden können, die sowohl die Ansprüche des Verbrauchers und der Lebensmittelüberwachung als auch die Forderungen einer kostengünstigen Produktionsweise erfüllen. Die Einhaltung von Rezepturen, die den genannten Kriterien entsprechen, setzt jedoch eine umfangreiche chemische Kontrolle sowohl des Ausgangsmaterials als auch der Endprodukte voraus. In vielen Fällen werden die Möglichkeiten der Rationalisierung durch Einsatz analytischer Methoden allerdings noch nicht ausreichend genutzt. Häufig sind dafür Kostengründe, fehlendes Fachpersonal sowie unzureichende Räumlichkeiten ausschlaggebend. Die meist zeitraubenden "klassischen" Untersuchungsverfahren können in Betriebslaboratorien aus den genannten Gründen normalerweise nicht eingesetzt werden. Andererseits haben die meisten der bislang verwendeten Schnellmethoden den Nachteil, nur ein Analysenmerkmal wie z.B. den Fett- oder den Wassergehalt zu erfassen. Der aus Lebensmittelrechts- und Kostengründen wichtigste Bestandteil, das Eiweiß, läßt sich zudem mit den bisherigen Verfahren im Betriebslabor nicht schnell genug ermitteln. Einen entscheidenden Fortschritt in dieser Hinsicht könnte der Einsatz physikalischer Meßverfahren bringen. Auf dem Gebiet der Analytik von Getreide und anderen Schüttgütern wie von Milch(erzeugnissen) wird schon seit geraumer Zeit beispielsweise die IR-Analyse mit Erfolg eingesetzt. Auch auf dem Sektor der Fleisch- und Wurstanalytik liegen bereits Erfahrungen vor (1,2,3). Im folgenden soll über Versuche mit einem Meßgerät berichtet werden, das ursprünglich für die Untersuchung des Eiweiß-, Fett- und Lactosegehaltes von Milch(erzeugnissen) entwickelt worden war. Die Analyse von Milch(erzeugnissen) ist insofern leichter durchzuführen, als eine homogene Verteilung der nur in relativ engen Grenzen variierenden Probenbestandteile hier ohne großen apparativen und zeitlichen Aufwand erzielt werden kann. Für Fleisch und Fleischerzeugnisse gelten diese Voraussetzungen in der Regel jedoch nicht. Dies liegt auch der Grund dafür gewesen sein, daß die Infrarotanalyse hier erst so spät Eingang gefunden hat.

Prinzip der Messung

Bei der IR-Messung von Fleisch und Fleischwaren im "Super Scan" muß das Probengut durch eine intensive mechanische Behandlung (4 min) mit einer verdünnten, emulgatorhaltigen Lauge in einem sog. Foss-Let-Reaktor in einen Zustand gebracht werden, in dem das Eiweiß größtenteils gelöst und das Fett emulgiert vorliegt. Die so entstandene homogene, milchähnliche Meßlösung wird nach Thermostatisierung auf 50°C in einem vorgegebenen, vom Gerät automatisch gesteuerten Spül- und Meßtakt in die Mikroküvette des optischen Systems gesaugt. Dort wird nun die IR-Transmission der Meßlösung bei 6 ausgewählten Wellenlängen gemessen. Diese durch Filter eingestellten Wellenlängen entsprechen dem Maximum bzw. Minimum der IR-Absorption des jeweiligen Probenbestandteils. Im Maximum werden dabei charakteristische Molekülgruppierungen z.B. Carbonylgruppen bei Fett, -NH-Gruppen bei Eiweiß) erfaßt. Ein im Gerät eingebauter Rechner vergleicht jeweils die Meßwerte für Maximum und Minimum miteinander und wandelt sie in ein digitales Signal um, das am Gerät angezeigt wird. Der Rechner korrigiert darüberhinaus auch Störeinflüsse, die durch die gegenseitige Beeinflussung der IR-Meßwerte der verschiedenen Probenbestandteile entstehen. Nach einer Meßzeit von wenigen Sekunden gibt ein Drucker das Ergebnis direkt als prozentualen Eiweiß-, Fett- und Wassergehalt aus. Insgesamt beträgt die Analysenzeit, wenn man von einem bereits homogenisierten Probengut ausgeht, pro Probe etwa 15 Minuten.

Material und Methoden

Bei den verwendeten Proben handelte es sich um Rohfleisch und um Fleischerzeugnisse des Handels. Als Referenzmethoden wurden die Eiweißbestimmung nach Kjeldahl, die Fettbestimmung nach Soxhlet sowie die Seesand/Trockenschrankmethode für die Analyse des Wassergehaltes in der Form der in der BR Deutschland veröffentlichten amtlichen Methoden benutzt. Die Errechnung des Eiweißgehaltes erfolgte grundsätzlich nach der Formel $N \times 6,25$ ohne Korrektur des Bindegewebsgehaltes der Probe.

Vorbereitung der Probe und Durchführung der Messung

Die wichtigste Voraussetzung für eine brauchbare Analyse stellt ein gut homogenisiertes Probenmaterial dar. Im Laufe der Versuche zeigte es sich, daß eine ausschließliche Behandlung der Probe in einem Homogenisator mit schnellaufendem Messer wegen der ungenügenden Zerkleinerung des Bindegewebes nicht genügte, da größere Bindegewebspartikel im Probengut zur Bildung von "Fäden" und damit zu Verstopfungen des Schlauch-, Ventil- und Küvettensystems im Gerät führten. Es mußte daher dafür gesorgt werden, daß durch eine intensive Zerkleinerung in einem Fleischwolf Bindegewebsstücke fein zerschnitten wurden. Als günstig hatte sich hierfür die Verwendung eines Möhle-Boy-Fleischwolfes mit einer 2 mm Scheibe erwiesen. Dieses gewollte Probenmaterial wurde anschließend in einem Mixer weiter homogenisiert.

Von den so vorbereiteten Proben wurden genau 11 g auf einer Oberschaligen Waage in einen metallenen Probenbehälter eingewogen, mittels einer Dosiervorrichtung mit 100 ml der alkalischen Emulgierlösung versetzt und anschließend in dem sog. Reaktor 4 Minuten intensiv durch-

gearbeitet. Die so gewonnene milchige Probenlösung wurde nun 5 Minuten in einem Wasserbad auf 50°C temperiert. Vor der nachfolgenden Messung ließ man die Lösung ein feines Teesieb passieren um ggf. nichtgelöste Partikel sicher zurückzuhalten.

Ergebnisse und Diskussion

Die in den Tabellen aufgeführten Werte sind die Ergebnisse von Paralleluntersuchungen, die am gleichen Probenmaterial konventionell bzw. mit dem "Super Scan" (SSc) durchgeführt wurden. Jeder Tabellenwert stellt den Mittelwert jeweils einer aus zwei verschiedenen Einwaagen erhaltenen Doppelbestimmungen dar. Bei den SSc-Werten, die mit einem Sternchen markiert sind, wich die Anzeige am Gerät in dieser Meßreihe um einen nahezu konstanten Betrag vom konventionell ermittelten Vergleichswert ab. Dieser systematische Fehler ("bias") war lediglich auf die Verwendung eines bei diesen Versuchen noch nicht optimal eingeeichten Gerätes zurückzuführen. Die Einstellung konnte durch eine bei späteren Messungen beibehaltene, lineare Absenkung bzw. Anhebung der Grundlinie des Wasser- bzw. Eiweißkanals korrigiert werden. Die entsprechenden Korrekturwerte sind jeweils am Fuß der Tabelle angegeben. Um solche Fehler sicher auszuschließen wäre es wünschenswert, wenn ein möglichst vor jeder Meßreihe schnell und sicher zu kontrollierender Standard zur Verfügung stünde. Eine zu Beginn der Untersuchungen nach dem Beispiel der Milchanalytik eingesetzte Kalibrierungslösung aus Casein und Butyrolacton erwies sich für die Einstellung des Eiweiß- und Fettkanals wegen ihrer Instabilität als nicht tauglich. Möglicherweise eignet sich jedoch eine bei den jüngsten Versuchen eingesetzte ultrahocherhitzte homogenisierte Milchprobe.

Ein Vergleich der Parallelwerte der Fleischanalysen (Tabelle 1) läßt erkennen, daß von den drei bestimmbar analysierten Merkmalen das für die Qualitätsbeurteilung und für die Kostenkalkulation wichtigste, das Eiweiß, am genauesten erfaßt werden kann. Läßt man einmal die 4 Spektralanalysen außer acht, für deren Analyse wegen des hohen Fettgehaltes (50 %) und der dadurch bei der Herstellung der Meßlösung auftretenden Emulgierungsprobleme das Gerät aufgrund seiner Spezifikation nicht angewandt werden soll, so wichen bei den Fleischproben die Ergebnisse der konventionell durchgeführten Eiweißanalysen absolut um maximal 0,9 % von der entsprechenden Super-Scan-Messung ab. Stellt man diesen Befund den Differenzen gegenüber, die bei einem Vergleich der Ergebnisse von konventionell durchgeführten Paralleluntersuchungen des Eiweißgehaltes in verschiedenen Laboratorien üblicherweise auftreten können, so kann man diese Übereinstimmung als gut bezeichnen. Dies gilt, wie die Ergebnisse der Tabelle 2 zeigen, im übrigen auch für die Analysen von Fleischerzeugnissen. Die durchschnittliche Abweichung eines Super-Scan-Meßwertes von einem parallel nach Kjeldahl ermittelten Ergebnis betrug bei Rohfleisch (ohne Speck) 0,28 % ($s = 0,23$), bei Fleischerzeugnissen 0,31 % ($s = 0,24$).

Demgegenüber muß man bei der Erfassung des Fett- und Wassergehaltes mit einem größeren analytischen Fehler rechnen. Die durchschnittliche Abweichung im Fettgehalt zwischen Kontroll- und Super-Scan-Messung lag bei Rohfleisch (ohne Speck) bei 0,92 %. Da die Werte für diese Differenzen nicht normalverteilt waren, ließ sich hier eine Standardabweichung nicht errechnen. Die absolut höchste Ergebnisabweichung im Vergleich zum Referenzverfahren wurde mit 4 % bei Schweinebauch beobachtet. Bei diesem Wert dürfte es sich nach den Erfahrungen, die unter derzeit als optimal erachteten Meßbedingungen mit dem Super Scan bisher gemacht wurden, allerdings um einen Ausreißer handeln. Bei keiner anderen Messung unter vergleichbaren Bedingungen wurde eine ähnlich hohe Differenz beobachtet. Die bei der Untersuchung von Tartar erhaltene Abweichung von 2 % läßt sich auf den extrem niedrigen absoluten Fettgehalt in diesem Produkt zurückführen. Messungen in Extrembereichen sind ja häufig stärker fehlerbehaftet. Für die bei der Untersuchung des Fettgehaltes von Produkten beobachteten Extremdifferenzen von 2,7 bzw. 2,6 % (Leberwurst) fehlt bisher eine plausible Erklärung. Durch eine Weiterführung der Versuche müssen in dieser Hinsicht noch Erfahrungen gesammelt werden.

Die Analyse des Wassergehaltes im SSc gestaltet sich deshalb schwierig, da aufgrund der Probebehandlung mit verdünnter Lauge eine gegenüber dem Wasseranteil der Probeneinwaage sehr viel höhere Wassermenge zugesetzt wird, deren Einfluß auf das Meßergebnis vom Rechner wieder eliminiert werden muß. Der dadurch bedingte größere Fehler bei der Erfassung des Wassergehaltes der Probe schlägt sich in höheren durchschnittlichen Abweichungen des konventionell ermittelten Wassergehaltes vom SSc-Wert nieder. Die Auswertung der Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen ergab für Fleisch eine maximale Abweichung von 3 % (Schweinehackfleisch) bzw. 2,5 % (Rindfleisch), während die übrigen Resultate eine deutlich bessere Übereinstimmung zeigten (Tabelle 1). Bemerkenswert ist, daß im Vergleich zu den Analysen von Fleisch bei der Untersuchung des Wassergehaltes von Produkten ein deutlich höherer Fehler auftrat (Tabelle 2). Hier wurden bei der Hälfte der untersuchten Proben Abweichungen von mehr als 2 % erhalten.

Nach den Ergebnissen der bisher durchgeführten Messungen kommt man mit einer einzigen für die meisten Proben anwendbaren Eichung des Gerätes aus. Dies trifft auf die Untersuchung von Rohfleisch und von erhitzten Fleischerzeugnissen zu. Lediglich bei fermentierten Rohwürsten ist eine gesonderte Eichung nötig.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zeigen, daß sich das Meßprinzip des SSc auf die Analyse von Fleisch und Fleischwaren anwenden läßt. Anders als die Bestimmung des Eiweißgehaltes bedarf die Analyse des Fett- und Wassergehaltes jedoch noch weiterer Untersuchungen über Auftreten und Ursache(n) von Ergebnisabweichungen, damit man daraus ggf. methodische Folgerungen ziehen kann. Trotz dieser Einschränkung erscheint der SSc aufgrund seiner einfachen Bedienung, seiner Schnelligkeit und wegen der hohen Genauigkeit, mit der das für die Kostenkalkulation eines Produktes wichtigste Merkmal, das Eiweiß, erfaßt werden kann, eine wertvolle Alternative für bereits bisher im Betriebslabor verwendete Schnellmethoden.

Tabelle 1: Vergleich der mit dem "Super Scan" (SSc) und den Referenzverfahren ermittelten Eiweiß-, Fett- und Wassergehalte (%) in Rohfleisch (Mittelwert aus Doppelbestimmungen)
Comparison of the results of measurements made by the "Super Scan" (SSc) and the reference methods in meat (mean value, n = 2)

Probe	Protein (%)		Fett (%)		Wasser (%)	
	Kjeldahl	SSc	Soxhlet	SSc	Trocknung	SSc
Schweigeschnitzel ⁴	21.95	22.5	2.24	2.5	75.12	76.6 ⁺
Speck ⁶	21.72	21.2	0.78	1.2	76.94	78.6 ⁺
Hackfleisch ³	20.56	20.5	10.57	10.5	68.92	69.1 ⁺
Hackfleisch ³	20.93	21.0	8.03	8.1	70.87	70.1 ⁺
Speck ⁶	22.25	21.8	4.57	4.9	72.44	72.6 ⁺
Schweinebauch ⁴	14.71	14.1	32.52	28.5	52.2	52.6 ⁺
Schweinebauch ⁴	17.47	17.2	22.64	22.0	59.08	59.6 ⁺
Schweinehack ⁴	20.32	20.4	8.16	8.6	70.81	70.6 ⁺
Schweinegamm ⁴	20.54	20.5	11.36	11.8	68.18	66.6 ⁺
Speck ⁶	21.86	21.7	2.00	2.3	75.18	74.1 ⁺
Schweinehack ¹	17.27	16.5	23.59	24.8	59.07	56.1 ⁺
Indfleisch ⁵	16.41	16.2 ⁺	32.64	34.0	51.55	49.0
Indfleisch ⁵	21.46	21.5 ⁺	13.37	14.6	64.99	64.5
Indfleisch ⁵	19.38	19.1 ⁺	22.79	24.0	58.59	57.8
Indfleisch ⁵	17.54	17.0 ⁺	32.03	33.1	51.76	50.5
Indfleisch ⁵	22.56	22.8 ⁺	3.78	5.8	73.45	72.5
Schweinefleisch ⁴	23.14	23.6 ⁺	2.85	3.6	73.67	74.8
Schweinefleisch ⁴	16.09	16.2 ⁺	35.53	36.7	48.17	47.8
Schweinefleisch ⁴	20.48	20.5 ⁺	16.02	17.1	62.99	64.8
Schweinefleisch ⁴	13.66	13.8 ⁺	45.64	45.4	40.92	40.8
Speck ⁶	9.79	9.5	59.40	61.8	29.95	22.6
Speck ⁶	3.95	3.4	81.12	79.0	15.55	13.6
Speck ⁶	7.33	6.6	74.59	71.4	18.84	16.6
Speck ⁶	9.41	9.5	66.58	64.6	24.78	22.0
Correlationskoeff. (ohne Speck)	0.994		0.996		0.994	

⁺bias = 1.84⁺bias = 9.4

¹minced pork, ²minced beef, ³mixed mince, ⁴pork, ⁵beef, ⁶adipose tissue

Tabelle 2: Vergleich der mit dem "Super Scan" (SSc) und den Referenzverfahren ermittelten Eiweiß-, Fett- und Wassergehalte (%) in Fleischerzeugnissen (Mittelwert aus Doppelbestimmungen)
Comparison of the results of measurements made by the "Super Scan" (SSc) and the reference methods in meat products (mean value, n = 2).

Probe	Protein (%)		Fett (%)		Wasser (%)	
	Kjeldahl	SSc	Soxhlet	SSc	Trocknung	SSc
Leberwurst fein	12.05	12.5	36.91	34.2	47.75	51.0 ⁺
Leberschinken	17.73	18.0	9.29	9.4	70.40	71.0 ⁺
Leberwurst fein	13.01	12.5	33.09	31.7	51.64	51.0 ⁺
Leberwurst grob	17.39	17.2	26.68	25.1	53.62	55.0 ⁺
Leberwurst grob	14.01	14.7	34.69	32.1	48.31	50.5 ⁺
Leberwurst	10.26	10.3	27.54	27.3	59.61	56.0 ⁺
Leberwurst	14.6	14.8	23.48	23.2	58.62	58.0 ⁺
Leberwurst	9.27	9.5	29.73	28.9	58.6	54.5 ⁺
Leberwurst	14.79	15.2	25.26	25.8	56.27	57.5 ⁺
Leberwurst Stadt	15.52	15.6	29.69	30.0	51.56	53.8
Leberkäse	12.66	12.6	28.17	27.4	56.66	54.5
Leberschinken	15.25	15.0	14.65	14.5	66.68	65.0
Leberkäse	13.81	13.3	27.65	26.6	55.54	54.8
Leberwurst	11.63	11.4	32.53	31.4	53.73	51.8
Leberwurst grob	14.41	14.6	34.42	33.9	48.14	51.0
Leberwurst fein	15.44	15.4	28.10	27.7	52.53	56.3
Leberwurst	17.0	17.0	43.4	44.4	35.3	36.5
Leberwurst	13.7	13.3	42.3	41.2	41.9	38.0
Leberwurst	16.0	16.9	34.4	34.5	46.1	48.5
Leberwurst	17.8	17.3	45.1	45.1	35.1	35.5
Correlationskoeffizient	0,986		0,994		0,962	

⁺bias = -7,0

Literatur

1. KRUGGEL, W., RILEY, M., FIELD, R., RADLOFF, H.: Use of infrared reflectance for determination of fat, protein and moisture in fresh meat. J. Anim. Sci. 49, Suppl. 1, 224 (1979)
2. MARTENS, H., HILDRUM, K., BAKKER, A., JENSEN, S., LEA, P., ESKELAND, B., VOLD, E., RUSSWURM, H.: Fat, water and protein determination in meat by near-infrared reflectance spectroscopy. 26. Europäischer Fleischforscherkongreß, Colorado Springs, Proceed. D-4, 146
3. HAUSER, E.: Experiences in analysis of the valuable contents of meat and meat products by infrared-reflectance analysis. 26. Europäischer Fleischforscherkongreß, Colorado Springs, Proceed. D-9, 165.