

VII INTERNATIONALE KONFERENZ
DER WISSENSCHAFTLICHEN ARBEITER DER FLEISCHINSTITUTE

KONTROLLE DER GEWEBLICHEN UND CHEMISCHEN
ZUSAMMENSETZUNG ENTKNOCHTEN FLEISCHES
MITTELS DER INTEGRATIONSSCHABLONE
IN DER INDUSTRIE

Mgr Ing. Celestyn Szczucki
Bezirks - Laboratorium für Kontrolle und Forschung
in der Fleischindustrie — Łódź (Polen)

I. Einleitung

Eine der Bedingungen des Fortschrittes auf dem Gebiete der Güteverbesserung und Standardisierung von Fleisch und Wurstwaren ist die stete Entwicklung und Vervollkommnung der objektiven Methoden der Qualitätsbegutachtung, besonders solcher Methoden, welche bei der zwischenoperativen Kontrolle in der Industrie angewandt werden können.

Von vielen Methoden, die für Zwecke der Qualitätskontrolle des Fleisches im Laboratorium angewandt werden, eignen sich nur wenige für laufende zwischenoperative Kontrolle des Produktionsprozesses. Die Ursachen dafür sind folgende:

- a/ der Charakter des Fleisches, seine verschiedenartige und komplizierte chemische und histologische Zusammensetzung, seine Konsistenz, seine Form und andere Eigenschaften, welche die Anwendung kontinuierlicher und automatischer Messgeräte erschweren,
- b/ das im allgemeinen kostspielige, zeitraubende und langwierige Verfahren bei der Feststellung der einzelnen Qualitätseigenschaften im Laboratorium, was bei der zwischenoperativen Kontrolle den Produktionsgang in grundlegender Weise hemmt oder gar lahmlegt,
- c/ bei dem Laboratoriumsverfahren besteht die Notwendigkeit der Untersuchung kleiner nicht repräsentativer Proben, was die Schlüsse in Bezug auf die Güte der ganzen Partie mit ausreichender Genauigkeit nicht gestattet,
- d/ der zerstörende Charakter der Untersuchungen im Laboratorium und besonders schon der zerstörende Charakter der Herstellung einer genügend repräsentativen Probe für die Untersuchungen.

Diese Schwierigkeiten treten mit ganzer Schärfe bei der Kontrolle der chemischen Zusammensetzung von Fleisch und Produkten der Massenherstellung, wie Wurstwaren und Konserven, die aus zerkleinertem und entknochten Schweinefleisch hergestellt werden, auf. Dieses Fleisch besteht aus Stückchen von Fleisch- und Fettgeweben, welche in verschiedenen Mengenverhältnissen auftreten, in Abhängigkeit von der Art des Schlachttieres, dem Körperteil, der Genauigkeit der Entfettung und einer Reihe anderer Faktoren. Die wechselnde Gewebeszusammensetzung dieses Fleisches beeinflusst die Veränderung der chemischen Zusammensetzung, besonders den Gehalt an Eiweiss, Fett und Wasser, was wiederum

die Herstellung des fertigen Produkts mit einer normenmässigen chemischen Zusammensetzung erschwert.

Die Einhaltung einer standardisierten chemischen Zusammensetzung des fertigen Produkts würde also für die Produktion entweder Fleisch mit dauernd derselben Zusammensetzung oder eine jedesmalige Untersuchung des Fleisches und seiner Tauglichkeit und entsprechenden Proportion erfordern. Dieses Problem haben wir anhand eines Beispiels mit zerkleinertem Schweinefleisch II Klasse, welches den grundsätzlichen Rohstoff für die Produktion der meisten Wurstarten liefert, untersucht. Wir haben festgestellt, dass die Produktion von Fleisch mit der gleichen chemischen Zusammensetzung unmöglich ist und dass diese Zusammensetzung in Grenzfällen in Bezug auf Fett- und Wassergehalt sogar Schwankungen bis etwa 30% aufweist. In diesen Grenzfällen kann man zwar schon rein optisch das Fleisch als "ausgesprochen mager" oder als "ausgesprochen überfettet" bezeichnen, was jedoch nicht gestattet, die Zusammensetzung des fertigen Produkts mit der durch Normen festgelegten Genauigkeit einzuhalten.

Zu diesem Zweck sind genaue Untersuchungen mittels objektiver Methoden und zahlenmässige Bezeichnungen der Bestandteile erforderlich. Bisher war das ausschliesslich auf dem Wege der Analyse im Laboratorium möglich. Wir haben festgestellt, dass diese Art der Analyse, trotz Anwendung der einfachsten und schnellsten Methoden bei der zwischenoperativen Kontrolle im Betrieb, der täglich 12 - 15 Wurstarten herstellt, die Produktion schon in wenigen Stunden desorganisiert, da die Notwendigkeit des Wartens auf die Ergebnisse der Untersuchungen im Laboratorium Gefässe, Transportmittel und Produktionsmaschinen blockiert. Grundsätzliche Schwierigkeiten bereitete die Probenahme und die Vorbereitung durchschnittlicher Proben, die ausreichend repräsentativ für die Zusammensetzung der ganzen Partie /Charge/ des Rohstoffs für die einzelnen Sorten wären.

Diese Erfahrungen haben uns überzeugt, dass es für die Ermöglichung einer zweckentsprechenden Kontrolle der Zusammensetzung des Fleisches notwendig ist, mit der Analyse der Fleischproben im Laboratorium zu brechen und sie durch möglichst einfache und schnelle Begutachtungsmethoden zu ersetzen.

Die von uns bearbeitete Methode der Begutachtung der geweblichen und chemischen Zusammensetzung des Fleisches mittels einer speziellen Integrationsschablone besitzt unseres Erachtens alle Vorzüge, die sie für die zwischenoperative Kontrolle in der Industrie geeignet machen.

II. Integrationsschablone und die Bewertung der Gewebezusammensetzung

Die Integrationsschablone laut unserer Methode ist eine Einrichtung zur objektivierten Beurteilung der Gewebezusammensetzung von Fleisch und Fleischwaren mit unzerstörter /unverwischter/Gewebestruktur.

Abgesehen von der ausserordentlich langwierigen Dissektionsmethode, wurde die Begutachtung der Gewebezusammensetzung bisher ausschliesslich durch gewöhnliche Beschauung durchgeführt, welche bekanntlich ausgesprochen subjektive, ungenaue und nicht reproduzierbare Resultate gibt.

Bei unserer Methode haben wir die Tatsache ausgenützt, dass bei der zufälligen Lage der zahlreichen kleinen Teilchen des Fleisch- und Fettgewebes ihr gegenseitiges gesuchtes Verhältnis von Gewicht und Volumen sich in den Oberflächenverhältnissen genau widerspiegeln muss. Zur Feststellung dieser letzteren dient eben die Integrationsschablone, die aus einer Blende mit gleichmässig verteilten Öffnungen besteht. Indem wir die Oberfläche des zu untersuchenden Fleisches mit der Schablone bedecken, deren Öffnungszahl wir genau kennen und die Zahl der Öffnungen feststellen, die mit Fleisch-, bzw. Fettgewebe ausgefüllt sind, können wir leicht und mit bedeutender Genauigkeit ihr gegenseitiges Verhältnis und ihren prozentuellen Gehalt im gegebenen Fleisch bestimmen. Wenn wir eine Schablone mit 100 Öffnungen haben und z.B. die Öffnungen zählen, welche mit Fettgewebe ausgefüllt sind, erhalten wir das Ergebnis in Prozenten des Fettgewebes und der Gehalt an Fleischgewebe beträgt den Rest von 100%.

Die Schablone selbst ist ein Bogen aus Metall oder aus elastischer Kunststoff-Folie. Die Grösse der Schablone muss den Ausmassen der Gefässe entsprechen, in welchen das Fleisch aufbewahrt oder gepökelt wird. Die Öffnungen haben einen Durchmesser von 8 - 12 mm. Je grösser die Zahl der Öffnungen ist, umso genauer aber auch umso langwieriger ist die Messung. Die Anzahl von 100 Öffnungen scheint optimal zu sein. Die Farbe der Schablone sollte gut von der Farbe des Fleisch- und Fettgewebes abstechen.

Bei unseren Arbeiten bedienen wir uns einer Schablone aus gummierter Leinwand mit 100 Öffnungen von 10 mm Durchmesser. Die Schablone mass 45 x 65 cm und war den Ausmassen der Aluminiumbehälter zum Pökeln und Transportieren des Fleisches angepasst.

Die Schablone wird so an die geglättete Oberfläche des zu untersuchenden Fleisches gedrückt, dass es in den Öffnungen sichtbar wird. Dannz zählt man die Öffnungen, welche mit der kleineren Menge des auftretenden Gewebes ausgefüllt sind, also die Öffnungen mit dem Fettgewebe. Diese Öffnungen, welche mit beiden Gewebearten ausgefüllt sind, gibt man schätzungsmässig zu der optisch überwiegenden Zahl hinzu.

Selbstverständlich ist die beschriebene Methode der Messung der Gewebezusammensetzung mit einem gewissen Fehler behaftet, der verschiedene Ursachen haben kann, wie z.B.: eine nicht zufällige Lage der Fleisch- und Fettstücke an der untersuchten Oberfläche, die Schwierigkeit der Bestimmung bei Häuten und marmorartig durchwachsenen Geweben, geringe Fertigkeit bei der Messung, Ermüdung des Messenden u. dergl. Wenn wir erwägen, dass die meisten Fehler einen zufälligen und nicht systematischen Charakter tragen, sehen wir, dass die Grösse des Fehlers bei der Wertung der durchschnittlichen Zusammensetzung des Fleisches mit zunehmender Anzahl der durchgeführten Messungen sinkt. Der Fehler ist übrigens nicht gross und tritt in statistisch deffinierbaren Grenzen auf, was in der Fortsetzung der Arbeit dargestellt ist.

III. Korrelationsbewertung der chemischen Zusammensetzung

Nachdem mit Hilfe der Schablone die Gewebezusammensetzung festgestellt worden ist, wird die chemische Zusammensetzung auf Grund der vorher festgelegten Korrelationen zwischen Fettgewebe und Fett sowie Fleischgewebe - Wasser und Fleischgewebe - Eiweiss bestimmt.

Das Vorhandensein dieser Korrelation ist allgemein bekannt. Sie schwankt zwar in gewissen Grenzen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren, wie: Typ des Schlachttieres, Mastgrad, Tierkörpertheile von denen das Fleisch stammt u.s.w., bleibt jedoch dessen ungeachtet echt und kann zur Umrechnung der geweblichen in die chemische Zusammensetzung dienen. Zur Bestätigung dieser Echtheit haben wir etwa 100 Vergleichsmessungen durchgeführt und die Korrelationskoeffizienten r berechnet.

Sie betragen:

Fettgewebe	- Fett	$r = 0,915$
Fleischgewebe	- Wasser	$r = 0,861$
Fleischgewebe	- Eiweiss	$r = 0,748$

Wenn man erwägt, dass der Grenzwert $r = 0,33$ beträgt, so müssen die Korrelationen für sehr echt angesehen werden, wobei die Korrelation Fettgewebe - Fett am höchsten ist.

Die Umrechnung der geweblichen in die chemische Zusammensetzung kann mit Hilfe von Multiplikatoren oder Regressionsgleichungen vollzogen werden. Sowohl die Multiplikatoren als auch die Gleichungen haben wir von verschiedenen Vergleichsuntersuchungen abgeleitet, die wir an Schweinefleisch II Klasse durchgeführt haben, wobei wir bewusst Fleischpartien sehr verschiedener Zusammensetzung und Herkunft wählten, damit die erlangten Werte in der praktischen Anwendung möglichst "universal" wären. Die errechneten Multiplikatoren sind wie folgt:

% Fettgewebe	. 0,766 =	% Fett
% Fleischgewebe	. 0,965 =	% Wasser
% Fleischgewebe	. 0,260 =	% Eiweiss

Die Multiplikatoren geben gute Resultate bei der Untersuchung von Fleisch mit einer Durchschnittszusammensetzung, jedoch bei sehr magerem oder sehr fettem Fleisch beträgt der Fehler bei der Bewertung des Wassergehalts bis einige %. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass der Multiplikator eine gewisse Menge getarnten Fetts im Fleischgewebe sowie Eiweiss und Wasser im Fettgewebe nicht berücksichtigt. Diese Unbequemlichkeiten werden durch Anwendung der Regressionsgleichungen zur Umrechnung der Zusammensetzung behoben.

Sie lauten:

% Fett	= % Fettgewebe	. 0,700 + 3,54
% Wasser	= % Fleischgewebe	. 0,499 + 21,50
% Eiweiss	= % Fleischgewebe	. 0,137 + 5,65

Auch die Regressionsgleichungen nehmen in den einzelnen Untersuchungsreihen etwas verschiedene Werte an in Abhängigkeit von den individuellen Eigenschaften des untersuchten Fleisches; dessen ungeachtet geben sie, in der dargestellten Form angewandt, Resultate,

die denen der hergebrachten analytischen Methoden nicht nachstehen. Bei der Untersuchung ganzer Fleischpartien geben sie eine grössere Genauigkeit.

In der praktischen zwischenoperativen Kontrolle in der Industrie ist es günstiger, sich anstelle der Multiplikatoren und Regressionsgleichungen mit Umrechnungstabellen zu bedienen, die auf Grund der Regressionsgleichungen aufgestellt sind. Es muss betont werden, dass man durch die Feststellung der Anzahl mit einer Gewebeart ausgefüllter Öffnungen der Schablone gleichzeitig drei Grundbestandteile des zu untersuchenden Fleisches bestimmen kann, nämlich Fett, Wasser und Eiweiss. Anstatt der Umrechnungstabellen kann man sich auch eines Nomogramms bedienen, welches in Anlehnung an das Diagramm der Geraden der Regressionen dieser drei Bestandteile geschaffen ist.

IV. Vergleichsuntersuchungen und die Anwendung der Ingrationsschablone in der Industrie

Im Gegensatz zu den eingangs dargestellten Laboratoriumsmethoden besitzt die Integrationsschablone grundsätzliche Vorzüge, welche sie für die Anwendung bei der laufenden zwischenoperativen Kontrolle geeignet machen, nämlich die ungewöhnliche Schnelligkeit, Einfachheit, Billigkeit und Genauigkeit der Bestimmungen.

Die Einfachheit und Schnelligkeit der Bestimmungen erfordert keine Begründung, da die ganze Bestimmung aus folgenden Tätigkeiten besteht: Glättung der Fleischoberfläche, Andrücken der Schablone, Zählen der Öffnungen mit Fett, Ablesen des Fett-, Wasser- und Eiweissgehalts von den Tabellen. Das dauert insgesamt etwa 1 Minute und erfordert keinerlei Qualifikationen ausser Gewissenhaftigkeit.

Die Kosten der Untersuchung bestehen nur aus dem Arbeitslohn des angelernten Arbeiters, die Schablone kann man im eigenen Betrieb anfertigen und die Methode selbst verursacht keine Schäden, da sie keine zerstörende Wirkung ausübt und die Verarbeitungsfähigkeit des Fleisches auch nicht um 1 g beeinträchtigt, obgleich die Untersuchung ganze grosse Partien des Rohstoffs umfasst.

Die Genauigkeit der Bestimmung ist bei einzelnen Messungen kleiner Fleischmengen geringer als bei den traditionellen analytischen Laboratoriumsmethoden, jedoch in der Praxis haben wir es in der In-

industrie mit grossen Fleischpartien zu tun und die Situation ändert sich hier radikal. Je grösser die Partie ist, umso schwieriger ist es, ihr eine wirklich repräsentative Probe für Untersuchungen im Laboratorium zu entnehmen und umso grösser ist der Fehler bei der Bewertung der durchschnittlichen Zusammensetzung. Bei den Messungen mit Hilfe der Schablone wächst die Genauigkeit der Bestimmung der durchschnittlichen Zusammensetzung mit der wachsenden Zahl der durchgeführten Messungen.

Als Mass der Genauigkeit dieser Methode kann hier der sogenannte Fehler der Bestimmung des mittleren \bar{E} dienen, welcher $\pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$ beträgt, wobei t = Studentkoeffizient, S = Standardfehler, n = Zahl der durchgeführten Messungen darstellen.

Um diesen Fehler aufzuzeigen, haben wir 50 kg Fleisch mittels dreier Methoden in 10-fachen Wiederholungen untersucht:

- a/ mittels der Integrationsschablone nach jedesmaliger Mischung des Fleisches,
- b/ analytisch an Proben von 1 kg, die so gewählt wurden, dass ihre Zusammensetzung der Zusammensetzung der ganzen Fleischpartie möglichst angeglichen war,
- c/ analytisch an zufälligen Proben von 1 kg.

Die Ergebnisse in Bezug auf den Fleischgehalt betragen:

Art der Untersuchung	Fett-gehalt	S	\bar{E}
a. Integrationsschablone	40,3 %	2,06 %	$\pm 1,47$ %
b. gewählte Proben im Lab.	40,6 %	3,17 %	$\pm 2,26$ %
c. zufällige Proben im Lab.	40,6 %	7,43 %	$\pm 5,30$ %

Wie aus den Ergebnissen hervorgeht, weist die Messung mit Hilfe der Schablone die kleinsten Werte für S und \bar{E} auf und die Prüfung der Werte mittels des Snedecor-Testes zeigt die statistische Echtheit der Genauigkeitsunterschiede der angewandten Methoden.

Zahlreiche Vergleichsuntersuchungen, die in Industrieverhältnissen an grossen Fleischpartien durchgeführt wurden, bestätigten die grössere Genauigkeit der Messungen mit Hilfe der Integrations-

schablone im Vergleich mit Laboratoriumsmethoden. Anhand der erhaltenen Resultate der Untersuchungen von Fleisch sehr verschiedenartiger Zusammensetzung und Herkunft stellten wir Beziehungen zwischen der Bestimmungsgenauigkeit der durchschnittlichen chemischen Zusammensetzung einer Fleischpartie und der Anzahl der Messungen fest, die mit Hilfe der Schablone durchgeführt wurden. In gekürzter Form sieht diese Abhängigkeit folgendermassen aus:

Zahl der einzelnen Messungen zur Berechnung des durchschnittlichen Gehalts	Maximaler Fehler der Bestimmung des mittleren \bar{x} in % bei dem Wahrscheinlichkeitsniveau 0,95		
	Wasser	Fett	Eiweiss
1	5,54	7,09	1,91
3	3,20	4,08	1,10
5	2,48	3,16	0,86
10	1,75	2,24	0,60
30	1,02	1,29	0,35
50	0,78	1,00	0,27
100	0,55	0,71	0,19

Wie schon erwähnt wurde, beziehen sich diese Werte auf Untersuchungen von Fleisch verschiedener chemischer Zusammensetzung und Herkunft mit Hilfe allgemeiner Regressionsgleichungen. Wir stellten fest, dass wir bedeutend genauere Ergebnisse erhalten, wenn wir bei Fleisch mit gleichmässigerer Zusammensetzung und Herkunft /z.B. bei Abschnitzeln von Exportschinken/ speziell für dieses Fleisch Regressionsgleichungen aufgestellt haben. So betragen die Regressionsgleichungen für Abschnitzel von Exportschinken z.B.:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Fett} &= \% \text{ Fettgewebe} && \cdot & 0,599 + 8,21 \\
 \% \text{ Wasser} &= \% \text{ Fleischgewebe} && \cdot & 0,320 + 29,68 \\
 \% \text{ Eiweiss} &= \% \text{ Fleischgewebe} && \cdot & 0,261 + 0,90
 \end{aligned}$$

Diese Gleichungen gaben bei Schablonenmessungen in Betriebsverhältnissen so genaue Resultate, dass schon bei 9 Messungen des Gehalts an Wasser, Fett und Eiweiss in der untersuchten Fleischpartie das Ergebnis nur mit dem Fehler von weniger als 1 % belastet war.

Hier sei darauf hingewiesen, dass 9 Schablonenmessungen 10-15 Minuten dauern, während an 9 Analysen von Wasser, Fett und Eiweiss zwei geübte Laboranten 1 ganzen Tag zu tun haben.

Wenn von der Anwendung der Schablone in der Industrie die Rede ist, muss betont werden, dass die dargestellte Methode dank ihrer Einfachheit und Schnelligkeit sogar als Element der Produktion am laufenden Band des zerkleinerten Fleisches angewandt werden kann. Es ist dies eine der zweckmässigsten Anwendungen der Schablone, da sie nicht nur die Kontrolle gestattet, sondern auch ein sofortiges Sortieren der Gefässe mit Fleisch in Unterklassen, z.B. ihrem Überfettungsgrad entsprechend, möglich macht.

In der Fleischverarbeitung gestattet die Schablone die Untersuchung und so eine Auswahl des Rohmaterials, damit das fertige Produkt den Anforderungen der Normen der chemischen Zusammensetzung entspricht.

Wir hoffen, dass eine breitere Anwendung unserer Methode zur Entstehung eines neuen objektiven Anzeigers der Fleischgüte beitragen wird. Unseres Erachtens stellt im Fleisch und in Fleischwaren das Verhältnis von Fettgewebe zu Fleisch ein wesentliches Kriterium der Qualität dar als die chemische Zusammensetzung.

Es bestehen ebenfalls Möglichkeiten, mit Hilfe der Integrations-schablone nicht nur die Güte von Schweinefleisch festzustellen, sondern es können auch andere Fleischarten oder sogar Fleischwaren untersucht werden, deren Gewebestruktur durch den Verarbeitungsprozess nicht zerstört und verwischt wurde. Diesen Möglichkeiten wollen wir weitere Forschungen widmen.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Normalisierung der chemischen Zusammensetzung von Wurst und anderen Fleischwaren, die aus zerkleinertem entknochtem Schweinefleisch hergestellt werden, erfordert die Kontrolle der Rohmaterial-Zusammensetzung während des Produktionsprozesses. Die bisherigen Methoden der Kontrolle im Laboratorium haben sich nicht bewährt, da die Analysen zu lange dauern, eine zerstörende Wirkung ausüben und die Proben wenig repräsentativ sind.

Dieses Problem kann durch die Anwendung der beschriebenen Integrationsschablone gelöst werden, die eine Bewertung der Gewebezusammensetzung der zu untersuchenden Fleischpartien ermöglicht. Die Gewebezusammensetzung wird in die chemische Zusammensetzung umgerechnet, indem die festgestellte Korrelation zwischen Fettgewebe und Fett, und Fleischgewebe und Wasser, und Fleischgewebe und Eiweiss ausgenützt wird.

Die befriedigende und statistisch bestimmte Genauigkeit der Methode, ihre Einfachheit und die Schnelligkeit der Bestimmung, welche nicht länger als 1 Minute dauert, sowie der nicht zerstörende Charakter der Untersuchungen gestatten eine breite Anwendung der Schablone bei der zwischenoperativen Kontrolle.
