

Zur Bildung von freien Aminosäuren, flüchtigen Fettsäuren und flüchtigen Carbonylen in reifender Rohwurst

H. J. LANGNER

Institut für Lebensmittelhygiene der Freien Universität, Berlin
Bundesrepublik Deutschland

Die mikrobiologische und chemische Untersuchung von Rohwürsten offenbart immer wieder einen engen Zusammenhang zwischen der sinnfälligen Beschaffenheit des Produktes und dessen mikrobieller Population. Neben der Umrötung, Farbhaltung, Bindung und anderen Reifungserscheinungen, ist es besonders die Entstehung des Aromas, das die Rohwurst charakterisiert. Die Ausbildung dieses Aromas während der verschiedenen technologischen Behandlungsverfahren in unseren Fleischwaren ist u.a. mit einer der Gründe, warum sich diese Produkte beim Konsumenten einer so grossen Beliebtheit erfreuen.

Aromaforschung, sowohl chemische als auch mikrobiologische, ist somit heute gleichzeitig Qualitätsforschung, zugleich aber auch Rentabilitätsforschung, weil die exakte Kenntnis aller an der Aromabildung beteiligten Faktoren in technologischer Hinsicht zu einer Vereinfachung oder Automation der Herstellungsprozesse führen muss oder kann. Eine systematische Untersuchung der chemischen und mikrobiellen Veränderungen während des Reifungsprozesses in der Rohwurst muss sich daher auch an der Überprüfung der Veränderung bzw. der Entstehung bestimmter stoffbezogener und stoffspezifischer Komponenten orientieren. Bei Vorliegen derartiger Ergebnisse aus der Aromaforschung denkt man heute dabei weniger an die Herstellung künstlicher Aromen als vielmehr daran, technologische Herstellungsprozesse zu vereinfachen und zu rationalisieren bei voller Werterhaltung des Produktes. Spezifische Aromastoffe könnten hierbei gewissermassen Indikatorfunktionen übernehmen, insbesondere was die Qualität, Beschaffenheit und den Reifungszustand einer Ware betrifft.

Unsere Kenntnisse über die Natur und die Entstehung von Aromastoffen in der reifenden Rohwurst sind in dieser Hinsicht noch sehr lückenhaft. Die bis in neuere Zeit vertretene Auffassung, dass zur Ausbildung des Aromas nur eine kleine Anzahl von Stoffgruppen, wie z. B. Aminosäuren, Zucker usw. verantwortlich seien, lässt sich heute nicht mehr aufrechter-

halten. Mit der zunehmenden Verfeinerung der Analysemethoden hat man viele weitere Gruppen, die am Zustandekommen eines Aromas beteiligt sind, aufgefunden.

Der vorliegenden Arbeit lag nun die Absicht zugrunde, einige Faktoren, die zur Klärung dieser wichtigen Frage beitragen können, zu studieren.

Wir haben deshalb an Modellen, von nach deutschen Rezepturen hergestellten Rohwürsten, neben der systematischen Kontrolle mikrobieller Veränderungen, die gleichzeitigen Veränderungen bei einigen Geruchs- und Geschmacksstoffen verfolgt. Unsere Untersuchungen wurden an einem umfangreichen Rohwurstmaterial durchgeführt. Es sollen aber hier nur die chemischen Veränderungen, die bei einer Rohwurstcharge festgestellt worden sind, aufgezeigt werden, da sie sich gegenüber denen anderer Chargen nicht grundlegend in ihrer Qualität unterscheiden.

Rothe kommt das Verdienst zu, den in den letzten Jahren sehr stark strapazierten Begriff—Aroma-definierter angewendet zu haben. *Crocker* war einer der Forscher, der sich zuerst mit dem Fleischaroma befasste. Er konnte zeigen, dass der bei der Fleischreifung auftretende typische Geruch und Geschmack von Verbindungen herrührt, die aus den eiweisshaltigen Fasern, dem Bindegewebe oder deren Abbauprodukten stammen. Er will dabei das Aroma in erster Linie an die Fleischfasern gebunden sehen, zum mindesten billigt er den Fasern Trägerfunktionen zu. Diese Trägerfunktionen wurden besonders von *KRAMLICH* deutlich gemacht, der meint, dass das Aroma wasserlöslich sei und damit nur indirekt dem Eiweiss zugeordnet werden könnte. *OLSON* kam zu ähnlichen Ergebnissen und konnte zeigen, dass niedermolekulare Stoffe die eigentlichen Geschmackssträger des Fleisches seien. *Hornstein et al.* haben sich besonders intensiv mit dem Aroma verschiedener Fleischarten befasst und dabei besonders niedermolekulare Stoffe mit zur Charakterisierung des Aromas herangezogen. Sie sind dabei zu der Meinung gelangt, dass sich das Gesamtaroma beim Reifen der Fleischwaren aus dem im Wasser löslichen extrahierbaren Anteilen vorkommender »precursors« (Aromavorläufer) bildet und die faserigen Bestandteile nur das Trägermedium darstellen. *AARON* fraktionierte wasserlösliche Bestandteile chromatographisch und bestimmte in den getrennten Fraktionen die geschmacks- und geruchsintensivsten Komponenten. *BATZER* vermutet, dass bestimmte Aminosäuren, die aus den Glycoproteinen stammen sollen, Hauptträger des Aromas sein könnten. *Kurtz* wiederum geht davon aus, dass die klassischen Stoffgruppen keinen Anteil an der Ausbildung des Aromas haben, sondern das überwiegend Farbstoffe Träger des Aromas sind. Seiner Meinung nach handelt es sich dabei insbesondere um phenolähnliche Derivate.

ESER wiederum erfasste als Aromaträger insbesondere Carbonylverbindungen, die seiner Meinung nach innerhalb der ersten 3—4 Tage charak-

teristisch auftreten. MACY weist insbesondere auf Maillard-Produkte hin und sieht in der Kombination — Aminogruppen zu Carbonylgruppen — die Hauptkomponenten bei der Ausbildung des Fleischaromas. NIINIVAARA stellte fest, dass die vorkommenden Bakterienpopulationen einen entscheidenden Einfluss auf den Reifungsverlauf in der Rohwurst nehmen. Insbesondere Nitratreduktasen enthaltende und säurebildende Mikroorganismen sollen hierbei eine wichtige Rolle spielen. Solms hat in einer Übersichtsarbeit das Thema: »Geschmacks- und Aromastoffe des Fleisches« in letzter Zeit zusammenfassend betrachtet und die Literatur über dieses sehr interessante Gebiet dargestellt. Er kommt zu der Meinung, dass sich das Aroma in vier Hauptgruppen gliedern lässt:

Der nichtflüchtige Anteil, der sich aus Aminosäuren, Carbonsäuren, Zuckern, verwandten Verbindungen und anorganischen Komponenten zusammensetzt.

Der flüchtige Anteil, der insbesondere aus den fettreichen Komponenten bei Temperaturveränderungen während des Reifungsprozesses entstehen soll.

Der wasserlösliche Anteil der Eiweissstoffe, aus dem insbesondere die Aromavorstufen gebildet werden und dem *unlöslichen* Anteil der Eiweissstoffe, die eine Art Trägerfunktion ausüben sollen.

Über diese 4 Gruppen verteilen sich heute schon ca. 300 Verbindungen, die alle in mehr oder weniger grossem Masse Anteil am Gesamtaroma der Rohwurst haben. Damit sind auch schon die Grenzen aufgezeigt, die man zu ziehen gezwungen ist, wenn man sich analytisch mit dem Aroma von Fleischprodukten beschäftigen will.

In dieser Arbeit wird besonders über Aminosäurebestimmungen, Bestimmung der flüchtigen niedermolekularen Fettsäuren und der flüchtigen Carbonylverbindungen berichtet, die während der Reifungszeit von Cervelatwurst, die nach einer deutschen Rezeptur hergestellt worden ist, auftreten.

EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Untersuchungsmaterial und Methodik

Als Untersuchungsmaterial verwendeten wir rezepturmässig fertig gemischte und gewolfte Rohwurstmaterial aus einem Berliner Fleischwarenbetrieb, wie es für die dortige Cervelatwurstherstellung Verwendung findet.

Dieses Wurstbrät war Mittelqualität folgender Zusammensetzung:

- 21 kg Rindfleisch II
- 10 kg Schweinefleisch II
- 13 kg Fett I
- 4 kg Schweinebäuche

Die aus diesem Brät hergestellten Würste hatten ein Herstellungsge-

wicht von 1,5 kg. (Über die Herkunft und das Alter dieser Ausgangsmaterialien können wir keine Aussage machen).

Zur Analyse wurden im Zeitraum von 40 Tagen 8 Proben entnommen.

Das Material wurde jeweils $3 \times$ unter Verwendung der 2 mm-Scheibe durch einen Fleischwolf gegeben und nach manueller Homogenisierung in luftdicht schliessende Gläser abgefüllt. Bis zur Analyse wurden die Proben bei ca. -25°C aufbewahrt.

Von jedem Untersuchungsmaterial wurden am Tage der jeweiligen Entnahme Vollanalysen durchgeführt. In der graphischen Darstellung (1) sind die Veränderungen der Wasser-, Fett- und Fett i.T.-Werte während der gesamten Reifungszeit festgehalten.

Bestimmung der freien Aminosäuren und niederen Peptide

20 g des homogenisierten Materials wurden mit 180 ml destilliertem Wasser im Ultra Turrax 5 Minuten homogenisiert. Das Homogenisat wurde mit 300 U/min zentrifugiert. 100 ml Zentrifugat = 10 g Wurst wurde mit 1 ml Chloroform versetzt und quantitativ in einem Dialyseschlauch gefüllt. Dialysiert wurde 48 Stunden bei ca. 3°C gegen 1000 ml destilliertes Wasser, dem 1 ml Chloroform beigegeben war. Danach wurde das Aussendialysat gemessen und im Rotationsverdampfer bis zur Sirupkonsistenz eingengt. Der Rückstand wurde quantitativ mit einer 12,5 % igen Saccharoselösung, die mit 0,1 % Phenol konserviert war, in 10 ml-Messkolben gespült. 0,5 ml davon wurden zur Aminosäurebestimmung verwendet. Die Aminosäureanalysen wurden mit einem Mehrkanal-Technicon-Autoanalyser durchgeführt.

In der Tabelle II sind die erhaltenen Aminosäurewerte (vor der Hydrolyse) aufgeführt.

Freie Aminosäuren und niedere Peptide nach der Hydrolyse

0,2 ml der auf 10 ml aufgefüllten Dialyselösung wurden mit 1,8 ml 25 % iger HCl versetzt und im Bombenrohr 24 Std. bei 130°C hydrolysiert.

Nach dem Öffnen des Bombenrohres wurde das Hydrolysat filtriert und 1 ml davon über P_2O_5 und KOH im Hochvakuum (10^{-3} Torr) zur Trockne eingedampft. Der Rückstand wurde in 1 ml 12,5 % iger Saccharoselösung, die mit 0,1 % Phenol konserviert war, versetzt und 0,5 ml davon der automatischen Aminosäureanalyse unterworfen.

In der Tabelle III sind die erhaltenen Aminosäurewerte nach der Hydrolyse aufgeführt.

Bestimmung der leichter flüchtigen Carbonylverbindungen

10 g homogenes Untersuchungsmaterial wurden nach Auffüllung mit Wasser auf 100 ml mit dem Ultra Turrax homogenisiert. Das Homogenisat

wurde mit 1 g Kieselgur geschüttelt und zentrifugiert. 50 ml des klaren Überstandes = 5 g biologisches Material wurden mit so viel Perchlorsäure versetzt, dass die Endkonzentration 10 %ig wurde. Von dem ausgefallenen Niederschlag wurde abfiltriert, mit verdünnter Perchlorsäurelösung nachgewaschen und im Filtrat die Carbonyle, mit einer 2.4. — Dinitrophenylhydrazinlösung in 10 %iger Perchlorsäure, in die Hydrazone übergeführt. Die 2.4. — Dinitrophenylhydrazone der Carbonyle wurden nach den bekannten Standardmethoden isoliert und durch Differenzanalyse dünnschichtchromatographisch und papierchromatographisch getrennt.

Folgende Verbindungen konnten in der reifenden Cervelatwurst nachgewiesen werden:

Carbonyle	Probe	1	2	3	4	5	6	7	8
Formaldehyd		+	+++	+++	+++	++	++	++	++
Acetaldehyd		+	+	++	++	+++	+++	+++	+++
Propionaldehyd		+	+	+	+	+	+	+	+
n-Butyraldehyd		+	+	+	+	+	+	+	+
iso-Butyraldehyd		+	+	+	+	+	+	+	+
n-Hexanal		+	+	+	+	+	+	+	+
n-Hexen-(2)al		—	—	—	+	++	++	++	++
n-Heptanal		—	—	+	+	+	+	+	+
n-Octanal		+	+	+	+	+	+	+	+
Aceton		+	+	+	++	++	++	++	++
Methyl-Äthylketon		+	+	+	+	+	+	+	+
Diacetyl		+	+	+	+	++	++	++	++

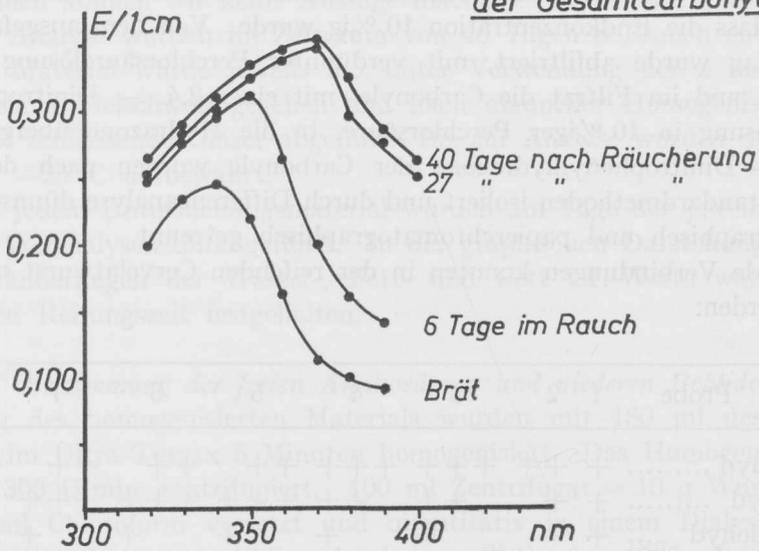
Es zeigt sich interessanterweise, dass sich das Maximum im Spektrum der Carbonyle während der Reifung in immer stärkerer Masse nach »rot« verschiebt (Auftreten neuer Carbonylverbindungen, Abb. 2).

In der folgenden graphischen Darstellung (2) sind die Summenabsorptionskurven der gewonnenen 2.4.—Dinitrophenylhydrazone während gewisser Reifungsstadien aufgezeichnet.

Bestimmung der flüchtigen Fettsäuren

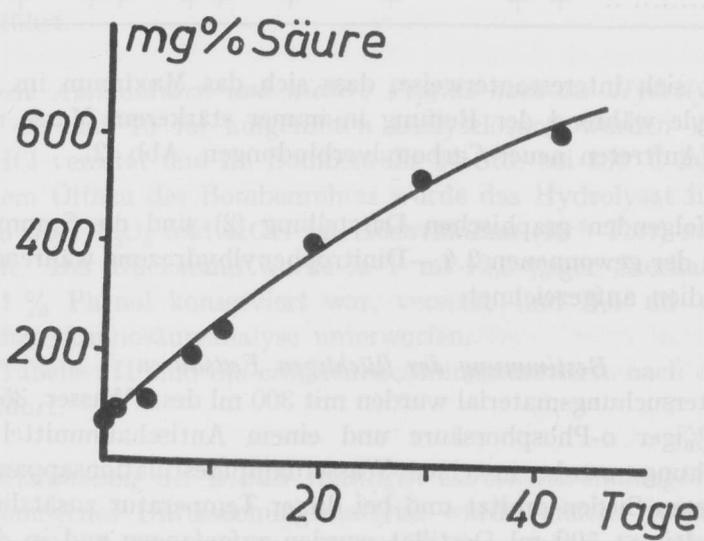
50 g Untersuchungsmaterial wurden mit 300 ml dest. Wasser, 35 g MgSO₄, 10 ml 85 %iger o-Phosphorsäure und einem Antischaummittel versetzt. Diese Mischung wurde in einer Wasserdampfdestillationsapparatur vorsichtig bis zum Sieden erhitzt und bei dieser Temperatur zusätzlich Wasserdampf eingeleitet. 500 ml Destillat wurden aufgefangen und in diesem die

Spektrum der 2,4-Dinitrophenylhydrazone
der Gesamtcarbonyle



übergegangenen sauren Bestandteile mit 0,05 n NaOH gegen Phenolphthalein titriert und als Essigsäure berechnet.

Folgende Mengen als Essigsäure berechnete Gesamtsäure konnten nachgewiesen werden:



Probe	1	2	3	4	5	6	7	8
Essigsäure in mg %	65	90	104	190	235	412	530	610

In der folgenden graphischen Darstellung ist diese Abhängigkeit noch einmal dargestellt!

Uns interessierte aber doch dabei zu wissen, ob es ohne weiteres berechtigt war, den titrierten Wert pauschal als Essigsäure anzugeben. Dazu war es nötig, die durch Destillation erhaltenen Säuren in Form der Natriumsalze chromatographisch zu trennen. Wir bedienten uns dabei der Papierchromatographie und trennten die Natriumsalze der flüchtigen Fettsäuren nach dem Lyophilisieren, Überführen in die Ester und Hydroxamate in folgendem System:

Als Hydroxamate absteigend auf Schleicher und Schüll-Filterpapier 2043 Mgl: Laufmittel: Amylalkohol: Eisessig : Wasser = 4 : 1 : 5. Nach ca. 50-stündiger Chromatographiezeit wurden die getrennten Säuren auf den getrockneten Chromatogrammen mit einer alkoholischen 10 %-igen Eisen-III-chloridlösung sichtbar gemacht.

Folgende Fettsäuren konnten in der reifenden Cervelatwurst nachgewiesen werden:

- Ameisensäure
- Essigsäure
- Propionsäure
- n-Buttersäure
- iso-Buttersäure
- n-Valeriansäure

und zwei (2) weitere nicht zu identifizierende Fettsäuren.

Aufgrund der Fleckenintensität im Chromatogramm konnte geschlossen werden, dass ca. 90 % der Gesamtsäure von der Essigsäure herrührten und somit die Berechtigung bestand den gefundenen Titrationswert, ohne einen allzugrossen Fehler zu begehen, auf Essigsäure umzurechnen.

DISKUSSION

Wir haben in dieser Arbeit beschrieben, wie wir wichtige Aromaträger aus einer nach einer deutschen Rezeptur hergestellten Cervelatwurst isoliert haben.

Bei den *flüchtigen Fettsäuren* ist das auftretende Säurespektrum verhältnismässig breit und erfasst von der *Ameisensäure* bis zur *Valeriansäure* eine grosse Zahl von Einzelkomponenten. Quantitativ macht dabei die *Essigsäure* ca. 90 % aus, was aber nicht besagt, dass ihr Anteil am Aroma, der von den flüchtigen Fettsäuren beigesteuert wird, ebenfalls bei 90 % liegen muss. Hier können Fettsäuren mit einem wesentlich geringeren quantitativen

Anteil, aber aufgrund ihres ausgeprägteren Geruchs- und Geschmackswertes qualitativ stärker am Aufbau des Aromas beteiligt sein als das durch ihr quantitatives Auftreten manifestiert wird.

Erinnert sei hier nur an die sehr geruchsintensive *Butter- und Valeriansäure*. Die Zunahme der Essigsäure im Laufe der Reifung erfolgt langsam und verteilt sich stetig über die ganze Reifungszeit. Sie erreicht am Ende den ca. 10-fachen Ausgangswert. Diese Menge *Essigsäure* trägt sicherlich mit der Komponente »sauer« im Verlaufe der Reifung zur Abrundung des Geschmacksaromas bei, während die anderen auftretenden Säuren aufgrund ihres quantitativ geringen Vorkommens nur wenig zu dem Aromafaktor »sauer« beisteuern werden. Diese Säuren werden dafür aber die »Aromagrundnote« stärker beeinflussen. Wie das im einzelnen vor sich geht, lässt sich im gegenwärtigen Zeitpunkt unserer Untersuchungen nicht abschliessend sagen.

Besonders reichlich treten im Verlaufe der Reifung mehr oder weniger flüchtige Carbonylverbindungen auf. Diese Verbindungen haben, wie bei vielen anderen Lebensmitteln auch, einen besonders grossen Einfluss auf die Ausbildung des Aromas (*Aromaspitze*). Sie sind sowohl geruchs- als auch geschmacksintensiv und zwar je nach Vertreter in sehr unterschiedlicher Art. In früheren Jahren wurde ihre Gesamtheit mit wechselndem Erfolg über den sogenannten »*Carbonylindex*« zur Qualitätskontrolle, insbesondere bei aromareichen Lebensmitteln herangezogen. Wir haben in einigen Reifungsphasen die Gesamtheit der Carbonyle auf ähnlichem Wege über ihr Spektrum (Abb. 2) charakterisiert und konnten zeigen, dass sich das Maximum dieses Spektrums während der Reifungszeit ins »rote« verschiebt, was nur durch das Auftreten neuer Carbonylkomponenten zu erklären ist. Im allgemeinen bewirkt die Zunahme von ungesättigten Verbindungen bei dieser Stoffklasse eine Maximalverschiebung zu längeren Wellenlängen (z. B. Alkanale; 357 nm; Alk-2-enale: 375 nm). Typische Aromaträger in dieser Stoffklasse sind z. B. die im Laufe der Reifung zunehmenden Mengen an Diacetyl (butterähnlich) und das neu auftretene *Hexen-2-al* als typische Aromaträger in vielen Lebensmitteln. Aber auch die kurzkettigen Carbonyle wie *Formaldehyd* und *Acetaldehyd* tragen mit ihrem sehr intensiven Geruchswert zur Abrundung eines Aromas bei. Insgesamt kann man heute sagen, dass das Auftreten von Carbonylverbindungen die »artspezifischen Spitzen« eines Gesamtaromas ausmachen. Je fettreicher ein Lebensmittel dabei ist, um so intensiver werden sich diese »artspezifischen Spitzen« manifestieren.

Bei den Aminosäuren ist das Bild noch wesentlich komplexer. In freier Form sind schon im Ausgangsbrät alle bekannten essentiellen und nicht-essentiellen Aminosäuren zu finden, wenn auch im Vergleich zum Endprodukt in wesentlich geringeren Mengen.

Der Gehalt an freien Aminosäuren liegt grössenordnungsmässig in dem

Bereich, wie wir sie schon bei früheren Versuchen an Salamiwürsten und Fleischsuspensionen gefunden haben (REUTER, LANGNER, SINELL). Innerhalb der ersten 3 Wochen erfolgt insbesondere eine starke Zunahme bei folgenden Aminosäuren entsprechend ihrer Rangfolge: Leucin, Iso-Leucin, Valin, Alanin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Lysin, Phenylalanin.

Gegenüber unseren früheren Untersuchungen an Salamiwürsten (REUTER, LANGNER) nimmt bei Cervelatwürsten auch die *Asparaginsäure* in starkem Masse am Stoffwechselgeschehen teil. Keine merklichen Veränderungen finden während der Reifungsphase bei den niedermolekularen Stickstoffverbindungen *Citrullin* und *Carnosin* statt. Unser verwendetes System gestattete es auch nicht quantitativ die Veränderungen bei den aufgetretenen niedermolekularen Peptiden zu verfolgen. Ein Vergleich der nicht hydrolysierten Extrakte mit dem hydrolysierten Extrakten zeigt aber, dass hier beachtliche Mengen Peptide vorhanden sind. Die Zunahme, die wir *Ammoniak* feststellen konnten, ist schon in der Anfangsphase (24 Stunden) erheblich. Bei den Aminosäuren wird diese Zunahme erst nach einer gewissen

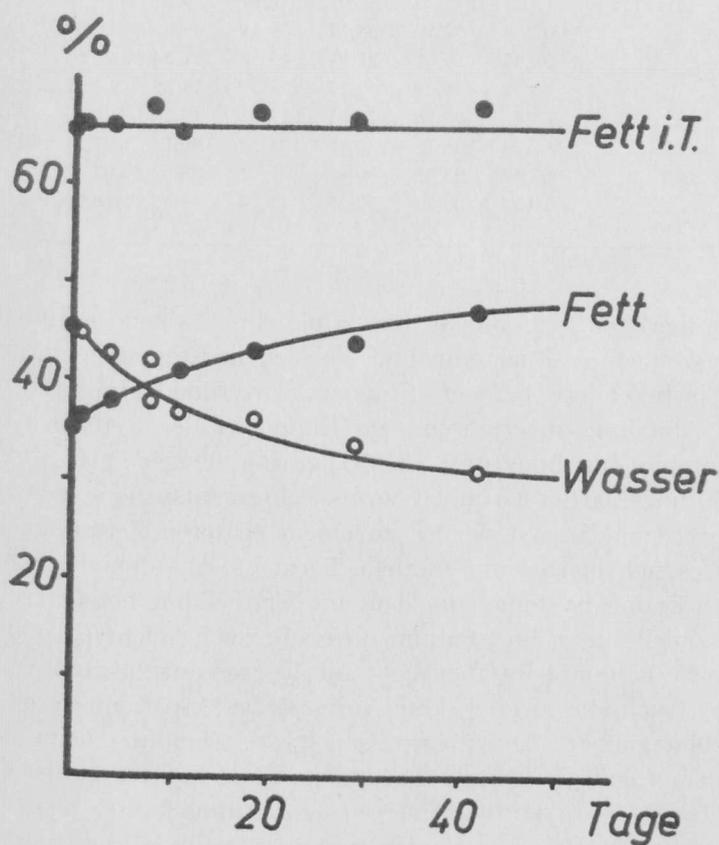


Tabelle 2. Nicht hydrolysiert

	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a
	mg %							
Asparaginsäure	02,82	03,24	09,72	15,00	23,2	30,13	29,29	08,47
Threonin	06,80	08,45	17,46	22,83	30,21	37,34	42,73	25,54
Serin	08,05	07,70	16,41	16,09	21,62	25,11	31,46	43,22
Glutaminsäure	16,71	26,09	37,20	63,63	89,76	118,28	72,25	26,53
Prolin	—*	00,67	11,89	15,09	16,18	18,03	*—	*—
Glycin	09,39	08,94	14,11	20,25	27,30	36,92	32,90	26,04
Alanin	24,23	24,08	44,09	60,95	80,00	101,90	86,56	81,23
Valin	05,99	09,29	19,38	29,82	39,81	48,87	60,48	45,85
Methionin	03,07	04,33	11,43	17,41	22,96	29,96	—*	22,71
Iso-Leucin	04,20	06,61	14,32	26,58	30,83	38,48	48,70	36,41
Leucin	05,30	09,56	21,91	39,17	50,15	61,08	66,33	54,00
Tyrosin	04,46	08,10	01,69	14,59	—*	—*	23,15	—*
Phenyl-Alanin	05,85	09,74	17,75	31,41	40,21	49,00	50,32	58,78
γ -NH ₂ -Buttersäure	—*	—*	01,38	13,06	14,57	22,25	26,37	56,31
Ammoniak	15,23	193,26	182,91	141,71	239,91	490,39	541,96	580,67
Ornithin	01,88	07,59	08,17	05,41	05,00	10,92	08,52	07,93
Lysin	09,47	16,61	27,91	43,58	51,54	71,64	76,50	—*
Tryptophan	08,32	08,01	09,27	08,09	14,38	12,57	05,21	—*
Histidin	03,08	06,56	10,01	12,55	15,25	20,47	35,48	00,63
Carnosin	162,34	105,70	132,40	131,58	196,18	197,51	148,69	104,83
Arginin	07,54	03,55	06,60	—*	05,94	07,73	—*	21,41
Citrullin	10,94	03,73	07,88	11,24	13,45	18,86	—*	—*

Initialphase merklich. Im allgemeinen erfolgt bis etwa in den mittleren Teil der Reifungszeit eine stetige Zunahme bei den meisten freien Aminosäuren um dann, insbesondere bei der *Glutaminsäure* und beim *Alanin* wieder eine starke Abnahme zu erfahren. Im Endpunkt der Reifung findet dann u.U. wieder eine Zunahme statt. (40 Tage und länger). Hier müssen aus bisher noch ungeklärten Gründen gewisse Fermentsysteme zeitweilig ausgeschaltet werden, die erst wieder zu einem späteren Zeitpunkt in Aktion treten. Ob es sich hierbei um spezielle Fermente aus dem Fleisch oder um sekundär wirksame Systeme aus den an der Teilung beteiligten Mikroorganismen handelt, kann im Stadium dieser Versuche nicht entschieden werden. Dieses Verhalten bleibt aber nicht auf die zwei angeführten Aminosäuren beschränkt. Auch die zweite saure Aminosäure (*Asparaginsäure*) zeigt eine ähnliche Abhängigkeit. Die übermäßig starke Zunahme beim Ammoniak ist zweifellos auf eine Spaltung von *Asparagin* und *Glutamin* zurückzuführen, die durch diese Desaminierung einerseits zur Ammoniakvermehrung beitragen, andererseits die freien gefundenen sauren Aminosäuren liefern. Unter

Tabelle 3. *Hydrolysiert*

	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b	h8b
	mg %							
Asparaginsäure ..	11,58	17,00	23,22	36,36	55,01	53,58	99,62	80,98
Threonin	07,84	14,64	19,01	31,76	21,10	34,85	64,53	64,50
Serin	11,10	12,55	24,22	21,83	21,76	29,01	56,62	60,93
Glutaminsäure	37,60	51,61	58,05	62,48	85,59	96,63	160,21	96,85
Prolin	8,40	11,92	16,63	22,75	32,38	32,04	55,27	65,79
Glycin	26,66	30,24	37,10	53,63	66,52	74,35	119,83	106,98
Alanin	20,75	30,50	38,27	48,80	68,53	80,59	132,49	114,38
Valin	11,18	15,44	25,88	43,95	46,63	59,92	90,99	77,89
Iso-Leucin	7,45	11,38	17,53	32,23	39,44	48,54	59,10	54,03
Leucin	9,47	13,66	25,96	22,11	49,81	68,20	83,08	66,69
Tyrosin	—*	25,46	—*	72,91	—*	65,06	—*	126,37
Phenyl-Alanin	—*	31,18	—*	55,07	44,83	73,50	—*	73,73
γ -NH ₂ -Buttersäure	—*	—*	—*	—*	8,08	14,74	34,11	45,85
Ammoniak	390,76	419,05	635,75	884,81	661,53	620,75	703,32	898,48
Ornithin	6,30	10,01	9,90	9,84	11,24	14,10	10,73	12,0
Lysin	31,97	38,38	58,46	74,70	95,37	80,95	160,21	119,24
Histidin	104,20	106,38	126,40	135,31	134,55	157,27	266,82	163,31
Arginin	7,23	5,90	8,13	11,38	—*	18,67	32,35	52,67

—* = nicht auswertbar

dem Dipeptidpeak »Carnosin« verbirgt sich, falls vorhanden, noch das Dipeptid. *Anserin*. Eine Trennung dieser beiden Peptide ist im automatischen Trennungsgang nur schwierig möglich. Die bei diesen Substanzen aufgetretenen Veränderungen sind deshalb nicht zu interpretieren. Gerade sie haben aber einen grossen Einfluss auf das Aroma, da diese Dipeptide einen typischen Rindfleischgeschmack aufweisen, während ihre Spaltprodukte — *Histidin* — und *Alanin* — weitgehend geschmacks- und geruchsneutral sind.

Viele dieser Reaktionspartner, insbesondere, wenn sie Amino- oder Carbonylfunktionen enthalten, werden nach dem Schema von »Maillard« Reaktionen oder »Strecker« Abbauvorgängen miteinander reagieren. Für die Aromabildung typische Reaktionswege sind aber bisher nur für ganz vereinzelte Reaktionsvorgänge bekannt geworden. U. a. ist das Auftreten der Aminobuttersäure durch eine Maillardartige Reaktion aus Threonin zu erklären.

Die Aminosäuren haben aber, wenn überhaupt, nur *Geschmacks- und keinen Geruchswert*. Man zählt sie zu den typischen »Geschmacksstoffen«.

Die gefundenen und besprochenen Stoffe und ihre Wechselwirkungen unter-

