

ÜBER DEN EINFLUSS VON VERBRENNUNGSGASEN AUF LEBENSMITTEL UND FUTTERMITTEL

S. W. SOUCI (MÜNCHEN)

Zu den Fremdstoffen im weiteren Sinn gehören auch diejenigen Substanzen, die aus Verbrennungsgasen auf oder in Lebensmittel oder Futtermittel gelangen können. Es handelt sich dabei einmal um solche Verfahren, bei denen die Fremdstoffe unbeabsichtigt aufgenommen werden, oder um Verfahren, bei denen die Aufnahme zum Zweck der Aromabildung beabsichtigt ist. Auch Futtermittel sind zu berücksichtigen, da einerseits die Tiere selbst vor eventuellen Schäden bewahrt werden müssen, andererseits die Verunreinigungen auf dem Umweg über das Tier wiederum dem Menschen zugeführt werden können. Einige Beispiele für Verfahren, bei denen ein direkter Kontakt mit Verbrennungsgasen in Frage kommt, gibt nachfolgende Übersicht.

UNBEABSICHTIGTE AUFNAHME VON FREMDSTOFFEN *

Trocknung

- Getreide (Brotgetreide, Futtergetreide)
- Getreideerzeugnisse (Haferflocken)
- Gemüse (Möhrenpulver, Spinatmehl, Erbsmehl, Sojabohnen)
- Pilze
- Gewürzpflanzen
- Kartoffeln (Futterkartoffeln)
- Kartoffelerzeugnisse (Kartoffelschnitzel)
- Obst (Trockenpflaumen)
- Hopfen
- Tee, Kräutertee
- Grünfutter

* In verschiedenen Fällen der Gruppe A sind sowohl Verfahren der Direktbeheizung als auch solche mit indirekter Beheizung gebräuchlich.

Darren, Rösten, Backen

- Darren von Grünmalz für die Bierherstellung
- Kaffeeröstung
- Kakaobohnenröstung
- Backen von Brot und Gebäck

Zubereitung

- Kochen, Braten, Backen, Grillen mit Gas oder „Flüssiggas“

Aufnahme aus der Luft

- Tabakrauch
- Verbrennungsgase aus Industrie und Haushaltungen („Smog“)
- Abgase aus Treibstoffen (Motorfahrzeuge)

BEABSICHTIGTE AUFNAHME VON FREMDSTOFFEN ZUR AROMABILDUNG

Räucherung

- Fleisch (Schinken, Speck, Hammelfleisch)
- Fleischerzeugnisse (Rohwurst, Brühwurst, Kochwurst)
- Fische (Aal, Hering, Lachs, Seelachs, Forelle, Kabeljau, Meer-
karpfen)
- Käse

Zubereitung

- Grillen über Holzkohle oder Holz (Steaks, Hühner, Fische, Brat-
würste)

Je nach dem verwandten Heitzmaterial ist zwischen „Rauchgasen“ und „Abgasen“ zu unterscheiden. Rauchgase sind Verbrennungsgase aus festen oder schwerflüchtigen Brennstoffen (z. B. Kohle, Heizöl). Abgase sind dagegen Verbrennungsgase aus gasförmigen oder leichtflüchtigen Brennstoffen (z. B. Stadtgas, Erdgas, „Flüssiggas“).

Als Bestandteile der Verbrennungsgase können die Produkte vollständiger Verbrennung (CO_2 , H_2O) sowie Stickstoff und Restmengen an Sauerstoff aus der Luft hier ausser Betracht bleiben. Wesentlich ist dagegen das Vorhandensein von Bestandteilen unvollkommener Verbrennung, die zu unterteilen sind in Produkte der Pyrolyse (Stoffe von kleinerer Molekülgrösse als die Ausgangsstoffe) und der Pyrosynthese (Kon-

densationsprodukte aus niedermolekularen Stoffen). Abgesehen davon ist noch mit der Anwesenheit unveränderter flüchtiger Bestandteile der Brennstoffe selbst (z. B. Öldämpfe, Mineralstoffe) zu rechnen.

AUSWIRKUNGEN DER AUFNAHME VON VERBRENNUNGSGAS- -BESTANDTEILEN

Folgende Möglichkeiten sind zu unterscheiden, die sich z. T. auch überlagern können:

I. Umsetzung mit Lebensmittelbestandteilen. Beispiele hierfür sind die Bildung formylierter Proteine durch Reaktion von Formaldehyd mit Einweißstoffen, mögliche Reaktionen von schwefliger Säure mit Vitaminen, insbesondere Vitamin B₁. Die Umsetzungen mit Lebensmittelbestandteilen können sich sowohl ernährungsphysiologisch (Abnahme der Verdaulichkeit, Vitaminverluste u. dgl.) als auch technologisch auswirken.

Altbekannt ist die Verminderung der Getreidequalität durch Verbrennungsprodukte des Schwefels (insbesondere SO₂), die in einer Veränderung der Keimfähigkeit und Klebereigenschaften, einer Verschlechterung der Krumen und Krustenbeschaffenheit wird einer Verminderung des Gebäckvolumens zum Ausdruck kommt¹. Diese Möglichkeit besteht allerdings nur bei den früher häufig verwandten Brennstoffen mit hohem Schwefelgehalt wie Braunkohle und Heizöl S mit 2—3,5% Schwefel, nicht jedoch bei den heute für die Getreidetrocknung meist verwendeten Leichtölen, deren Schwefelgehalt etwa bei 0,7—1% liegt.

II. Direkte Wirkung der Verbrennungsgas-Bestandteile. Diese kann in einer Veränderung der organoleptischen Qualitäten bestehen, und zwar ist in bestimmten Fällen mit einer Geschmacks- bzw. Geruchsverschlechterung zu rechnen, z. B. beim Darren von Braumalz mit Schweröl² oder bei der Herstellung von Trockenobst unter Direktbeheizung (Rauchgeschmack). In anderen Fällen wird eine Geschmacksverbesserung, d. h. eine besondere Geschmacks- oder Geruchsnuance angestrebt und erreicht, wie beim Räuchern von Lebensmitteln und bei gewissem Verfahren der Zubereitung.

Schwerwiegender ist jedoch die Tatsache, dass die aufgenommenen Verbrennungsgas-Bestandteile z. T. selbst toxisch wirken und damit bei langdauernder Aufnahme die Möglichkeit gesundheitlicher Schädigungen in Betracht zu ziehen ist.

Die genannten Auswirkungen hängen sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht von einer Reihe von Einflussfaktoren ab, die nachfolgend zusammengestellt sind.

EINFLÜSSE AUF DIE AUFNAHME VON FREMDSTOFFEN AUS VERBRENNUNGSGASEN

Art des Brennstoffs

- Koks, Holzkohle,
- Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle,
- Torf, Holz (Grobholz, Sägspäne, Papier),
- Destillationsprodukte aus Erdöl (z. B. Heizöl EL, L und M)**,
- Rückstandsöl der Erdöldestillation: Heizöl S (Schweröl),
- Stadtgas
- Erdgas
- „Flüssiggas“ (Propan und Butan)

Art der technischen Einrichtungen

Beim Trocknen:

- Konstruktion des Brenn-Aggregats,
- Brenner-Einstellung und Brenntemperatur,
- Trocknungstemperatur,
- Prozentanteil der Verbrennungsgase im Verbrennungsgas-Luftgemisch (meist 2—5% Rauchgasanteil),
- Konstruktion des Trocknungsraumes (Horden, Trommeln, Tennen usw.),
- Dauer der Trocknung, evtl. Wiederholung der Trocknung,
- Rauchgasfilterung gegen Funkenflug und Durchschlagen der Flamme,
- Katalytische Nachverbrennung,
- Geschwindigkeit der Bewegung des Trocknungsgutes,
- Geschwindigkeit der Bewegung des Verbrennungsgas-Luftgemisches,
- Durchbrennen oder Durchrosten von Wärmeaustauschflächen (bei indirekter Beheizung).

Beim Räuchern:

- Rauchbereitung (Verbrennung, auch mit Hilfsfeuerung, z. B. durch Gas, Verschwelung, Friktionsrauch,
- Brenn- bzw. Glimmtemperatur,
- Räucherungstemperatur (Kalträucherung, Warmräucherung),
- Mischungsverhältnis von Rauchbestandteilen und Luft („Rauchdichte“),
- Spezielle Behandlungsverfahren (Vortrocknung, Infrarotbeheizung, elektrostatische Verfahren),
- Dauer der Räucherung.

** Heizöl EL = extraleichtes Heizöl („Gasöl“); Siedebereich 170—360°C. — Heizöl L = leichtes Heizöl („Leichtöl“). Heizöl M = mittelschweres Heizöl (Mischung aus Rückstandöl und Destillat).

Art des Trocknungsgutes

- Beschaffenheit der Oberfläche, Adsorptionsvermögen (Schale, Haut, Wassergehalt, Fettgehalt, Gehalt an ätherischen Ölen),
- Grösse der Oberfläche,
- Vorbereitung für die Trocknung (Fermentierung, Salzen, Pökeln).

Art der Weiterverarbeitung

- Vollverarbeitung (z. B. Vollkornvermahlung),
- Entfernung der Aussenschicht (z. B. Getreidevermahlung, Schälen von Wurst, Käse, Filettieren von Fisch),
- Backen von Brot und Gebäck,
- Sorptionsvorgänge in zweiphasigen Systemen (z. B. Bierbauerei, Kochvorgänge).

Die technischen Verfahren der Lebensmittel- und Futtermitteltrocknung unter Direktbeheizung sowie der Räucherung sind sehr verschieden; sie sollen hier nicht näher behandelt werden. Es sei verwiesen auf die einschlägige Spezialliteratur (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), ferner auf die Publikationen über die Getreidetrocknung (1, 10, 11) und die Graumalzdarre (2, 12, 13, 14, 15).

Bei der Beurteilung der Duldbarkeit von Fremdstoffen standen in dem zuständigen Gremien immer 2 Gesichtspunkte im Vordergrund: die Frage der Notwendigkeit und die Frage der Toxizität.

Bezüglich der Notwendigkeit der Trocknungsverfahren unter Direktbeheizung wird geltend gemacht, dass bei indirekter Beheizung Wärmeaustauscher anzuwenden sind, die im allgemeinen nur einen Wirkungsgrad von 50—75% besitzen, ausserdem, dass bereits zahlreiche Direkttrocknungsanlagen existieren, deren Ersatz oder Umbau grosse Geldmittel beanspruchen würde. Die dadurch bedingten finanziellen Belastungen würden sich zu Ungunsten des Verbrauchers auswirken. Die Notwendigkeit der Räucherungsverfahren steht ohnehin ausser Diskussion, wenn das gewünschte Räucheraroma erzielt werden soll.

Für die noch wichtigere Frage eventueller gesundheitlicher Gefahren verdient hervorgehoben zu werden, dass sich unter den zahlreichen Substanzen, die in Verbrennungsgasen vorkommen können, auch eine Reihe hochkondensierter aromatischer Kohlenwasserstoffe findet, die beim Kontakt mit Lebensmitteln oder Futtermitteln von diesen aufgenommen werden. Da sich ein Teil dieser Polyzyklen im Tierversuch als kanzerogen erwiesen hat, stellen sie eine potentielle Gefahr dar und verdienen besondere Beachtung. Über die Zusammenhänge zwischen Struktur und kanzerogener Wirkung liegen Erfahrungen an Hunderten von *ad hoc* synthetisierten polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen vor¹⁶.

Die analytische Bestimmung solcher Polyzyklen in biologischen Substraten bietet im Hinblick auf die äusserst kleinen Mengen erhebliche Schwierigkeiten. Es wurden mehrere brauchbare Verfahren zur Bestimmung der verschiedenen Kohlenwasserstoffe oder auch speziell des 3,4-Benzpyrens als „Leitsubstanz“ ausgearbeitet, denen verschiedene Extraktions-, Anreicherungs- und physikalische Messverfahren (UV-Spektrophotometrie, Fluorimetrie) zugrundeliegen^{17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25}.

An Hand dieser Methoden ergab sich, dass nicht nur getrocknete, geräucherte oder sonstwie technologisch verarbeitete Produkte solche Kohlenwasserstoffe enthalten, sondern dass auch das Ausgangsmaterial also die landwirtschaftlich gewonnenen, noch unbehandelten Lebensmittel bzw. Rohprodukte — je nach Standort — kleinere oder grössere Mengen davon enthalten. Auch in vielen anderen biologischen Materialien fanden sich polyzyklische Kohlenwasserstoffe, ferner in Boden, Sedimenten, Wasser und Luft. Wenn auch das Verhältnis der einzelnen Kohlenwasserstoffe untereinander stark schwankt und aus dem 3,4-Benzpyrengehalt keineswegs auf die gesamte kanzerogene Wirkung dieser Gruppe von Verbindungen geschlossen werden darf, so erstreckte sich doch die Mehrzahl der Untersuchungen auf diesen wegen seiner hohen kanzerogenen Wirkung besonders charakteristischen Kohlenwasserstoff.

Tabelle 1

Durchschnittlicher Benzpyrengehalt von frischgeerntetem Getreide

Durchschnittlicher	Durchschnittlicher 3,4-Benzpyrengehalt	
	industriefern $\mu\text{g}/\text{kg}$	industrienah $\mu\text{g}/\text{kg}$
Weizen	0,126	0,47
Roggen	0,163	0,699
Hafer	0,083	0,36
Gerste	0,115	1,21

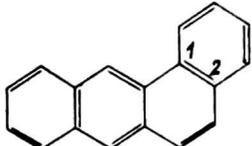
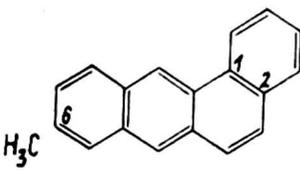
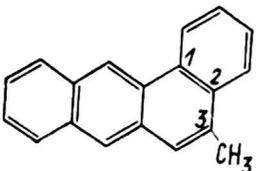
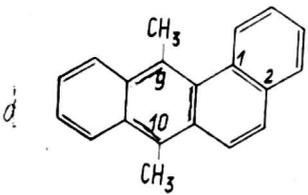
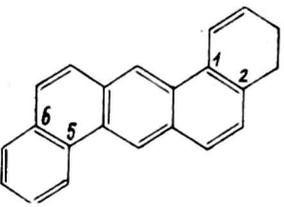
Von Grimmer und Hildebrand wurden neuestens in frischem Getreide¹⁸, Gemüse und Salaten²⁶ dreizehn Kohlenwasserstoffe quantitativ bestimmt. Die Mengen betragen bis zu 24,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 3,4-Benzpyren und bis zu 266 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Fluoranthren — dem in höchster Menge vorhandenen Kohlenwasserstoff — in Gemüse (Grünkohl). Bei Brotgetreide wurde gefunden, dass von allen nachgewiesenen Kohlenwasserstoffen stets das Phenanthren mit etwa 20—100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ an der Spitze steht. Die Menge des 3,4-Benzpyrens lag in frischem Getreide etwa zwischen 0,2 und 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Nach anderen Untersuchungen¹⁰ enthalten frische Getreideproben zwischen 0,02 und 1,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 3,4-Benzpyren, wobei die Industrienähe oder -ferne der Anbauggebiete für den Gehalt ausschlaggebend ist (vgl. Tab. 1).

Tabelle 2

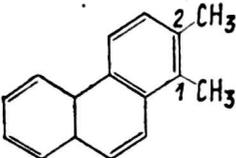
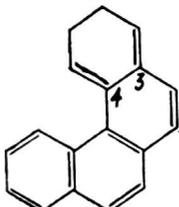
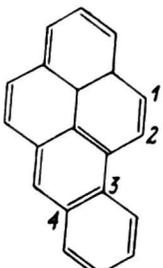
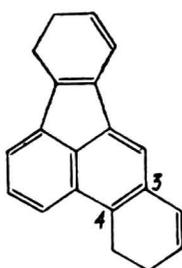
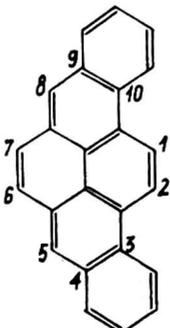
Vorkommen und Eigenschaften kanzerogener Kohlenwasserstoffe ***)

Zeichenerklärung: (+) schwach kanzerogen; nicht gesichert
 + schwach kanzerogen
 ++ mittel kanzerogen
 +++ stark kanzerogen

} im Tierversuch

Name Bruttoformel	Strukturformel	Molekular- ge- wicht	Eigenschaf- ten	Kan- zero- gene Wir- kung*	Vorkommen (Beispiele)
1	2	3	4	5	6
1,2-Benzantracen (Tetraphen) $C_{18}H_{12}$		228,3	Smp 160°C Spd 438°C	(+)	Gegrilltes Fleisch, Gemüse Sa- late, Getreide, gerös- teter Kaffee, Malz- kaffee, Rohtabak, Ta- bakter, Schwelpro- dukte von Tabakzu- satzstoffen
6-Methyl-1,2- Benzantracen (9-Methyltetra- phen) $C_{14}H_{19}$		242,3		++	Gegrilltes Fleisch
3-Methyl-1,2- Benbanthracen (5-Methyltera- phen) $C_{19}H_{14}$		242,3		+	Gegrilltes Fleisch, Tabakter
9,10-Dimethyl- 1,2-benzantracen (7,12-Dimethyl- tetraphen) $C_{20}H_{15}$		256,3	grüngelbli- che Blätt- chen Smp 122— 123°C —	++	Gegrilltes Fleisch, Tabakter, Schwelprodukte von Tabakzusatzstoffen
1,2,5,6-Dibenzan- thracen (8,9-Benztetra- phen) $C_{22}H_{14}$		278,3	Kristalle	+++	Gegrilltes Fleisch, geräuchertes Fleischgeräucherter Fisch, Gemüse, Sala- te, Getreide, Tabak- teer, Schwelprodukte von Tabakzusatzstof- fen

*** Soweit Kenntnisse über das Vorkommen der aufgeführten Kohlenwasserstoffe in Tabak, Tabakter, oder Schwefelprodukten von Tabakzusatzstoffen vorliegen, sind diesbezügliche Angaben ebenfalls eingefügt. Nicht berücksichtigt ist dagegen das Vorkommen in Wasser, Boden, Luft und Biosphäre.

1	2	3	4	5	6
1,2-Dimethylphenanthracen $C_{18}H_{14}$		206,3 Smp 142°C	(+)	Erhitzte Sterine	
3,4-Benzphenanthren $C_{18}H_{12}$		228,3	+	Gegrilltes Fleisch	
3,4-Benpyren $C_{20}H_{18}$		252,3 gelbe Nadeln Smp 176°C Spd 496°C	+++	Gegrilltes Fleisch, geräuchertes Fleisch, geräucherter Fisch, Pflanzenöle, Gemüse, Salate, Getreide, Malz, gerösteter Kaffee, Malzkaffee, Tee, Rohtabak, Tabakteer, Schwelprodukte von Tabakzusatzstoffen	
3,4-Benzfluoranthren $C_{20}H_{12}$		252,3 Smp 168°C Spd 481°C	+	Gegrilltes Fleisch, Obst, Gemüse, Salate, gerösteter Kaffee, Rohtabak, Tabakteer	
3,4,9,10-Dibenzpyren (Auch 1,2,3,4-Dibenzpyren und 3,4,8,9-Dibenzpyren) $C_{24}H_{12}$		302,4	+++	Gegrilltes Fleisch, Tabakteer	
1,12-Benzperylen $C_{22}H_{12}$		276,3 Smp 273°C Sdp ~500°C	++	Gegrilltes Fleisch, Obst, Gemüse, Salate, Getreide, gerösteter Kaffee, Malzkaffee, Rohtabak, Tabakteer	

* Die Einstufung ist auf Grund verschiedener Ergebnisse bisweilen umstritten. Allgemeine Hinweise finden sich in einem Bericht des Food Protection Committee (USA) ²⁶.

Offensichtlich sind 3,4-Benzpyren und andere hochkondensierte Kohlenwasserstoffe in der gesamten Umwelt des Menschen ubiquitär verbreitet, so dass sich die Frage stellt, worauf diese weite Verbreitung zurückzuführen ist. Wenn auch die Bildung im pflanzlichen Stoffwechsel an sich unwahrscheinlich erscheint, so liegen doch auch gegenteilige Befunde vor²⁷. Aus dem höheren Gehalt in Pflanzen, die in Industriegebieten oder in Gebieten mit starkem Autoverkehr gewachsen sind, lässt sich aber mit Sicherheit folgern, dass der Gehalt an hochkondensierten Kohlenwasserstoffen zum grossen Teil auf Verbrennungsgase der Industrie („Smog“) oder auf Autoabgase zurückzuführen ist. Auch im Rohtabak sowie im Tabakrauch (Tabakteer) wurden zahlreiche hochkondensierte Kohlenwasserstoffe ermittelt, von denen sich ein Teil im Tierversuch als kanzerogen erwies. Eine Übersicht über das Vorkommen einiger wichtiger kanzerogener Kohlenwasserstoffe gibt Tab. 2.

In Bezug auf den Kontakt mit Verbrennungsgasen ist also die Fragestellung nicht qualitativer, sondern quantitativer Art: Es ist entscheidend, ob bei einem bestimmten Verfahren grosse und somit möglicherweise bedenkliche Mengen oder nur belanglose Mengen zusätzlich aufgenommen werden. Bei der Trocknung unter Direktbeheizung ergab sich, dass in vielen Fällen mit einem Anstieg des Gehalts an hochkondensierten

Tabelle 3

Zunahme des Gehalts an 3,4-Benzpyren in Weizen durch
Trocknung unter Direktbeheizung
6 t-Durchlauftrockner (engl. Bauart) mit Gebläseheizapparat und Heizöl EL

Trocknungstemperatur	Gehalt an 3,4-Benzpyren
ungetrocknet	0,034
1-mal getrocknet bei 40°C	0,055
1-mal getrocknet bei 50°C	0,071
1-mal getrocknet bei 60°C	0,090
2-mal getrocknet bei 40°C	0,133

Kohlenwasserstoffen gerechnet werden muss, dessen Ausmass von den in der Übersicht angegebenen Einflussfaktoren abhängt. Repräsentative Beispiele hierfür geben die folgenden Tabellen. Tab. 3 zeigt die Tendenz der Zunahme des 3,4-Benzpyrengehalts von Weizen in Abhängigkeit von der Trocknungstemperatur¹⁰.

Aus Tab. 4 geht hervor, dass ähnliche Ansteige des 3,4-Benzpyrengehalts auch bei Roggen und Gerste zu beobachten sind, gleichviel, ob Ölfeuerung oder Koksfeuerung (ältere Bauart) verwendet wird. Dagegen konnte nachgewiesen werden, dass bei Verwendung moderner Koksfeue-

rungsanlagen mit Rauchgasfilter keine Erhöhung des 3,4-Benzpyrengehalts von Weizen, Gerste und Hafer eintritt. Es ist also ein technisch lösbares Problem, Direktbeheizungsanlagen so zu konstruieren, dass der an sich schon vorhandene „natürliche“ Kohlenwasserstoffgehalt nicht oder nur unbedeutend erhöht wird. In gleicher Weise dürfte dies für Gas- oder Flüssiggasbeheizungsanlagen gelten.

Wie schon erwähnt, ist für die Beurteilung der Kohlenwasserstoffreicherung auch das Verhalten bei der Weiterverarbeitung von Bedeutung.

Tabelle 4

Zunahme des Gehalts an 3,4-Benzpyren in Getreide durch Trocknung unter Direktbeheizung

Getreideart	Gehalt an 3,4-Benzpyren	
	ungetrocknet $\mu\text{g}/\text{kg}$	getrocknet $\mu\text{g}/\text{kg}$
	Ölfeuerung	
Roggen	0,190	0,47
Gerste	0,085	0,12
	Koksfeuerung (ätere Bauert)	
Weizen	0,054	0,43
Roggen	0,169	0,75
Gerste	0,142	0,40

So lässt sich in wässriger Lösung bei Anwendung von Adsorptionsmitteln die Menge der Kohlenwasserstoffe nicht unerheblich verringern. In anderen Fällen bleibt der Kohlenwasserstoffgehalt praktisch unverändert, wie bei der Getreideverarbeitung, bei der das 3,4-Benzpyren und vermutlich auch die anderen Kohlenwasserstoffe in das Mehl übergehen und auch in dem daraus hergestellten Brot erhalten bleiben¹⁸ (Tab. 5).

Ob die zusätzliche Zufuhr kanzerogener polyzyklischer Kohlenwasserstoffe in den in Frage kommenden geringen Mengen tatsächlich beim Menschen zu einer Erhöhung der Krebsrate führt, ist experimentell noch völlig unbewiesen; es liegen lediglich für Einzelfälle gewisse statistische Hinweise hierfür vor²⁹.

Hier wäre auch zu berücksichtigen, dass allein schon aus der Luft von Industriestädten in 24 Stunden bis zu 3 μg 3,4-Benzpyren und mehr vom Menschen aufgenommen werden, desgleichen etwa 0,5—1 μg aus dem Rauch von 40 Zigaretten.

Trotzdem sollte aber das allgemeine Prinzip aufrecht erhalten werden, alle Umweltnoxen soweit als möglich zu reduzieren. Dies hat auch zu dem Beschluss der Konservierungskommission der Deutschen For-

Tabelle 5

3,4-Benzpyren in getrocknetem Getreide und Getreideerzeugnissen

Getreideart	3,4-Benzpyrengehalt in		
	Getreide $\mu\text{g}/\text{kg}$	Mehl $\mu\text{g}/\text{kg}$	Brot****) $\mu\text{g}/\text{kg}$
Weizen	0,68	0,80	0,97
	1,16	1,27	1,30
	0,68	1,14	—
	0,70	0,77	—
	0,96	1,07	—
Roggen	0,96	1,40	1,14
	1,44	1,60	1,63
	1,34	1,32	1,30
	1,06	1,43	—
	1,24	1,60	—

schungsgemeinschaft (DFG)³⁰ geführt, eine Trocknung durch direkte Einwirkung von Verbrennungsgasen als bedenklich anzusehen und ein generelles Verbot solcher Verfahren zu empfehlen****. Nur wenn für ein bestimmtes Trocknungsverfahren und ein bestimmtes Lebensmittel oder Futtermittel unter Berücksichtigung der Weiterverarbeitungsvorgänge erwiesen ist, dass keine nennenswerte Erhöhung des Gehalts an polyzyklischen Kohlenwasserstoffen stattfindet, sollte nach dem Prinzip der „Positiven Listen“ eine Zulassung erfolgen*****. Hierfür sind aber noch eingehende wissenschaftliche Untersuchungen unter Zusammenarbeit von Analytik, Grosstechnik und Lebensmittelchemie erforderlich. Es ist zu begrüßen, dass in Erkenntnis dieser Umstände bei der Food Section der International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) auf ihrer Sitzung in Paris am 2—9. VII. 1965 ein Subcommittee ins Leben gerufen wurde, das sich speziell mit der chemischen Seite des gesamten Komplexes zu befassen hat³². Leitend wird dabei immer der Gesichtspunkt sein müssen, der Industrie und damit auch in zweiter Folge dem Verbraucher nicht mehr wirtschaftliche Belastungen aufzuerlegen, als dies aus toxikologischen Gründen nötig ist. Wenn aber toxikologische Gründe gegen ein bestimmtes Verfahren sprechen, so müssen diese gegenüber wirtschaftlichen Erwägungen den Vorrang haben.

**** Von der Bortkruste befreit.

***** Zur weiteren Bearbeitung des Problems wurde von der Kommission eine eigene Arbeitsgruppe gegründet, die die Fragen der Direkttrocknung von Lebensmitteln und Futtermitteln sowie der Räucherung zu bearbeiten hat³¹.

***** Die direkte Trocknung von Lebensmitteln ist in der Schweiz verboten. In der Deutschen Bundesrepublik erhalten direkt beheizte Trocknungsanlagen keine staatliche Subventionierung.

LITERATUR

1. H. Cleve: Müllerei 1953, **6**, 22
2. K. Schuster, E. Link: Brauwiss. 1962, **15**, 244, 279, 311
3. W. B. Van Arsdel, M. J. Copley: Food Dehydration. Vol. II: Products and Technology. Westport, Conn.: AVI Publ. Co. 1964
4. W. Hansen: Heizöl-Handbuch für Industrie-Feuerungen. Berlin-Göttingen-Heidelberg. Springer-Verlag 1959
5. H. Fincke: Handbuch der Kakaoerzeugnisse. 2. Aufl. Berlin-Heidelberg-New York. Springer-Verlag 1965
6. P. Ciupka: Kaffee. Bd. II: Kaffee, Kaffee-Ersatz und Kaffe-Zusatz. 2. Aufl. Bleckede a. d. Elbe. Otto Meissners Verlag 1949
7. M. Rohrllich, G. Brückner: Das Getreide. Teil I. Das Getreide und seine Verarbeitung. 2. Aufl. Berlin und Hamburg. Paul Parey 1966
8. H. N. Draudt: The meat smoking process. A review. Food Technol. 1963, **17**, 85
9. D. J. Tilgner: Fleischwirtschaft 1958, **10**, 649
10. H. Bolling: Mühle 1964, **101**, 759
11. H. Wienhaus: Untersuchungen über die Qualitätsminderung des Getreidekornes bei Direktverwendung von Verbrennungsgasen zur Trocknung. Diss. Univ. Bonn 1962
12. H. Lüers: Die wissenschaftlichen Grundlagen von Mälzerei und Brauerei. Nürnberg. Hans Carl, 1950
13. J. de Clerck: Lehrbuch der Brauerei. Berlin. Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei, Bd. I 1950, Bd. II 1952
14. H. Leberle: Die Technologie der Malzbereitung. 4. Aufl. Stuttgart. F. Enke 1952
15. W. A. Hubbard: J. Inst. Brewing 1958, **64** 215
16. H. Dannenberg: Biochemie der Tumoren. In Physiologische Chemie, hrsg. v. B. Flaschenträger u. E. Lenartz, Bd. II/2c, S. 342, Berlin-Göttingen-Heidelberg. Springer-Verlag 1959
17. G. Grimmer, A. Hildebrandt: J. Chromatography 1965, **20**, 89
18. G. Grimmer, A. Hildebrandt: Z. Krebsforsch. 1965, **67**, 272
19. J. W. Howard, R. T. Teague, jr., R. W. White, B. E. Fry, jr.: J. Assoc. off. analyt. Chem. 1966, **49**, 595
20. J. W. Howard, R. W. White, B. E. Fry, jr., E. W. Turicchi: J. Assoc. off. analyt. Chem. 1966, **49**, 611
21. K. H. Bergert, M. Köhler, H. Schumacher: Bestimmung von 3,4-Benzpyren in Brotgetreide. Z. analyt. Chem. 1965, **208**, 44
22. E. Kröller: Z. analyt. Chem. 1965, **212**, 46
23. Bundesgesundheitsbl. 1966, **9** (3) 36
24. S. Neukomm: Oncologia 1957, **10**, 137
25. C. Genest, D. M. Smith: A simple method for the detection of Benzo(a)pyrene in smoked foods. J. Assoc. off. agric. Chem. 1964, **47**, 894
26. G. Grimmer, A. Hildebrandt: Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. 1965, **67**, 237
27. W. Gräf: Med. Klinik 1965, **60**, 561
28. Problems in the evaluation of carcinogenic hazard from use of food additives. Food Protection Committee. Food and Nutrition Board. Publ. 749. Washington, D. C. 1960
29. Evaluation of the carcinogenic hazards of food additives. 5. Rep. des Joint

FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. FAO Nutr. Meetings Rep. Ser. No. 29. Rome 1961

30. Z. Lebensmittel-Untersuch. u.-Forsch. 1964, **124**, 120
21. Z. Lebensmittel-Untersuch. u.-Forsch. 1965, **129**, 41
32. Z. Lebensmittel-Untersuch. u.-Forsch. 1966, **130**, 356.

Streszczenie

WPLYW GAZÓW SPALINOWYCH NA ŚRODKI ŻYWNOSCI I PASZE

S. W. SOUCI (Monachium)

Podczas suszenia artykułów spożywczych i paszowych metodami ogrzewania bezpośredniego może zachodzić przenikanie składników spalin do suszonego produktu. Należą one do grupy substancji obcych dostających się do środków żywności w sposób niezamierzony (Incidental Food Additives). Wśród tych składników, obok kwasu siarkowego i aldehydu mrówkowego, należy przede wszystkim wymienić wysoko skondensowane węglowodory. Wśród nich znajdują się również i takie, które podobnie jak 3,4-benzopiren wykazały właściwości rakotwórcze w badaniach na zwierzętach i które stanowią zatem potencjalne niebezpieczeństwo. Tego rodzaju węglowodory występują także w świeżych (nie suszonych) artykułach żywności, zwłaszcza, jeżeli wzrosły na obszarach uprzemysłowionych o silnym ruchu samochodowym. Podstawowe znaczenie ma wybór takiego systemu suszenia, który gwarantuje możliwie najmniejsze nagromadzenie tego rodzaju zanieczyszczeń w środkach żywności. Decydującą rolę odgrywa przy tym rodzaj paliwa, technika suszenia, jak również charakter artykułu spożywczego, bądź też dalsze jego przetwórstwo. Tego rodzaju stanowisko jest także słuszne w odniesieniu do wędzenia oraz przygotowania artykułów spożywczych.

Na pytanie dotyczące potrzeby stosowania metod bezpośredniego ogrzewania należy odpowiedzieć w sposób generalny twierdząco, w celu uniknięcia zbyt wielkich obciążeń natury ekonomicznej, które w ostatecznym efekcie odczuwają konsumenci. Komisja d/s Konserwacji Niemieckiego Zrzeszenia Badawczego (Deutsche Forschungsgemeinschaft — DFG), ze względów toksykologicznych wystąpiła z poważnymi zastrzeżeniami dotyczącymi metod bezpośredniego ogrzewania. Będzie zatem konieczne podjęcie decyzji — w oparciu o badania naukowe — jakie metody suszenia można uznać za względnie nieszkodliwe i które w związku z tym będą mogły być dopuszczone i jakie powodują zbyt silne zanieczyszczenie i nie mogą zatem wchodzić w rachubę. Tego rodzaju postępowanie odpowiada „zasadzie list pozytywnych”, stosowanej również w odniesieniu do innych substancji obcych.

R é s u m é

L'INFLUENCE DES GAS DE COMBUSTION DU SÉCHAGE
SUR LES ALIMENTS ET LES FOURRAGES

S. W. SOUCI (Munich)

Lors du séchage par chauffage direct des aliments et des fourrages, des particules de fumée peuvent se déposer à la surface ou à l'intérieur du produit à sécher. Ces particules doivent être étudiées dans le groupe des „matières étrangères involontairement introduites dans l'aliment" (Incidental Food Additives). Il s'agit en première ligne, à côté de l'acide sulfureux et de l'aldéhyde formique, d'hydrocarbures à point de condensation élevé, parmi lesquels se trouvent aussi des composés comme le 3,4-benzopyrène, qui constitue un agent cancérigène comme l'ont démontré les essais sur animaux, et qui représente un danger potentiel. De tels hydrocarbures se trouvent aussi dans des aliments frais (non séchés), notamment dans ceux provenant de cultures situées dans des régions industrielles ou des régions à forte densité de circulation de voitures automobiles. Il est de ce fait indispensable de choisir des procédés de séchage où les possibilités de contamination des aliments en substances dangereuses sont minimales. La qualité du combustible, la technique appliquée au séchage et les propriétés de l'aliment ou son mode de traitement ultérieur jouent un rôle important. Des considérations semblables s'appliquent au fumage et à la préparation ménagère des aliments.

En général, on envisage l'application des procédés de chauffage direct afin de réduire les charges économiques trop élevées qui pèsent sur le consommateur. Par contre, la commission des procédés de conservation de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) a exprimé des réserves sérieuses sur les procédés de chauffage direct pour des raisons toxicologiques. Il est nécessaire de décider, en tenant compte des résultats des recherches scientifiques, quels procédés de séchage doivent être considérés comme relativement sans danger et peuvent et conséquence être admis, et lesquels entraînent une souillure trop élevée de l'aliment et doivent, en conséquence, être exclus. Une telle procédure correspond au „principe des listes positives", également appliqué à d'autres substances étrangères.

S u m m a r y

THE PROBLEMS OF DRYING OF FOODS AND FEEDS BY DIRECT
HEATING

S. W. SOUCI (München)

During the drying, by direct heating methods, of foods and feeds, smoke particles may be deposited on and inside the product to be dried. These particles must be regarded as „foreign substances unvoluntarily brought in to foodstuff" (Incidental

food additives). Apart from sulphurous acid and formaldehyde this concerns, in the first place, some high condensation point hydrocarbons including such compounds as the 3,4-Benzopyrene which is a carcinogenic agent, as been shown by tests on animals, and which is a potential danger. Such hydrocarbons can also be found in fresh (non-dried) foods, especially in those coming from crops in industrial regions or in regions of heavy motor traffic. Therefore it is essential to choose drying procedures reducing to a minimum the possibility of contaminating the foodstuff with dangerous substances. Fuel quality, drying techniques and properties of the foodstuff, as well as its final way of processing, play an important part. Similar considerations apply to the smoking and home preparation of foods.

Generally speaking, direct heating processes are taken into consideration in order to reduce excessive costs that weigh heavily on the consumer. On the other hand, the Commission of Preservation of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) has expressed serious objections, for toxicological reasons, to the processes based on direct heating. It is necessary to decide, taking into account the results of scientific investigations, which drying processes are considered as relatively harmless and acceptable and which lead to an excessive contamination of the food, and as such, must be given up. Such a procedure complies with the „principle of positive lists”, applied for other foreign substances.

Zusammenfassung

ÜBER DEN EINFLUSS VON VERBRENNUNGSGASEN AUF LEBENSMITTEL UND FUTTERMITTEL

S. W. SOUCI (München)

Bei der Trocknung von Lebensmitteln und Futtermitteln durch Direktbeheizung können Rauchgasbestandteile auf oder in das zu trocknende Gut gelangen. Diese gehören zur Gruppe der „unbeabsichtigt in das Lebensmittel gelangenden Fremdstoffe“ (Incidental Food Additives). Neben schwefliger Säure und Formaldehyd sind hier in erster Linie hochkondensierte Kohlenwasserstoffe zu erwähnen, unter denen sich auch solche befinden, die sich wie 3,4-Benzopyren im Tierversuch als kanzerogen erwiesen haben und damit eine potentielle Gefahr darstellen. Auch frische (ungetrocknete) Lebensmittel enthalten solche Kohlenwasserstoffe, besonders wenn sie in Industriegebieten mit starkem Autoverkehr gewachsen sind. Es ist entscheidend, Trocknungsverfahren zu wählen, bei denen eine möglichst geringe Anreicherung an solchen Verunreinigungen im Lebensmittel erfolgt. Dabei spielen die Art des Brennstoffs, die Trocknungstechnik und die Art des Lebensmittels bzw. dessen Weiterverarbeitung eine entscheidende Rolle. Auch für die Räucherung und Zubereitung von Lebensmitteln gelten ähnliche Gesichtspunkte.

Die Frage der Notwendigkeit der Direktbeheizungsverfahren ist im allgemeinen zu bejahen, um nicht allzu schwere wirtschaftliche Belastungen, die sich letztlich auch auf den Verbraucher auswirken müssen, in Kauf zu nehmen. Hingegen hat die Konservierungskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) aus

toxikologischen Gründen ernste Bedenken gegen die Direktbeheizungsverfahren geltend gemacht. Es wird notwendig werden, auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen zu entscheiden, welche Trocknungsverfahren als relativ harmlos anzusehen sind und daher zugelassen werden können, und welche eine zu starke Verunreinigung im Gefolge haben und daher nicht in Frage kommen. Dieses Vorgehen entspricht dem auch bei anderen Fremdstoffen angewandten „Prinzip der positiven Listen“.

Резюме

ВЛИЯНИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НА ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ И КОРМА

С. В. СУСИ (МЮНХЕН)

В процессе сушки пищевых продуктов или кормов методом прямого обогрева может происходить проникновение продуктов сгорания в пищу или кормовые смеси. Продукты сгорания принадлежат к группе посторонних веществ, проникающих случайно в пищевые продукты. (Incidental Food Additives). Среди этих компонентов кроме сернистой кислоты и муравьиного альдегида немалую роль играют углеводороды с конденсированными бензольными ядрами. Среди них встречаются и такие, которые подобно 3-, 4-бензпирену обладают канцерогенными свойствами, испытанными на животных и поэтому представляют возможную опасность. Углеводороды этого ряда могут находиться и в свежих пищевых продуктах, например, плодах выращиваемых на полях, находящихся в непосредственной близости к промывленным объектам или дорогам с оживленным автомобильным движением. Решающую роль играет выбор такого метода сушки, который гарантирует минимальное накопление такого рода примесей в пищевых продуктах. Приходится учитывать вид применяемого топлива, технику сушки, род пищевого продукта, направление его дальнейшей переработки. Эти замечания справедливы также по отношению к процессу копчения и подготовки пищевых продуктов.

В основном, следует ответить положительно на вопрос о целесообразности применения метода прямого обогрева, так как он выгоден с экономической точки зрения и не требует дополнительных затрат, которые в конечном результате будет нести потребитель. Однако с другой стороны Комиссия консервации Немецкой исследовательской ассоциации (Deutsche Forschungsgemeinschaft — DFG), учитывая токсические свойства этих примесей, представила серьезные возражения против применения метода прямого обогрева. Необходимо будет принять решение — на основе научных исследований — какие методы сушки можно признать относительно безвредными и приемлемыми, а какие являются причиной сильного загрязнения продукта и в связи с этим не смогут применяться. Этого рода процедура соответствует „принципу положительных списков“, применяемых также по отношению к другим посторонним веществам в пищевых продуктах.