穀類ならびにその加工食品の糸状菌汚染と分離 糸状菌のアフラトキシン産生能について

(昭和 48 年 11 月 16 日受理)

森 實^{*1} 高橋孝則^{*1} 尾上洋一^{*1}
高橋武夫^{*1} 栗飯原景昭^{*2}

Fungal Contamination of Cereals and Their Products, and Aflatoxin Productivity of *Aspergillus flavus* Isolated

Minoru MORI^{*1}, Takanori TAKAHASHI^{*1}, Youichi ONOUE^{*1},
Takeo TAKAHASHI^{*1} and Kageaki AIBARA^{*2}

(^{*1} Kanagawa Prefectural Public Health Laboratories: 52-2, Nakao-cho,
Asahi-ku, Yokohama; ^{*2} National Institute of Health:
10-35, Kamiosaki 2-chome, Shinagawa-ku, Tokyo)

In order to obtain a brief information about extent of Contamination of foodstuffs by fungi especially by *Aspergillus flavus* which is known to produce aflatoxin, fungal and bacterial examination of flours and cereals on sale, such as buckwheat flour, wheat flour, roasted soybean flour, soybean and peanut, were carried out. Isolated fungi were identified and aflatoxin productivity of *A. flavus* found among them was studied.

Test material was suspended and homogenized in phosphate buffer saline and mix-cultured in potato dextrose agar containing chloramphenicol. After 7 days incubation at 27°C, number of the colonies of fungi and yeasts developed were counted. Fungi and yeasts were found from 77% of the materials tested over all; and 100, 90, 45.5, 78.9 and 73.3% from buckwheat flour, wheat flour, roasted soybean flour, soybean and peanut, respectively. Number of fungi and yeasts in average in each foodstuffs tested were as follows: 23,000/g in buckwheat flour, 240/g in wheat flour, 90/g in roasted soybean flour, 130/g in soybean and 280/g in raw non-shelled peanut.

Bacterial counts made on plain agar were as follows: 170,000/g in buckwheat flour, 860/g in wheat flour, 130/g in roasted soybean flour, 400/g in soybean and 540/g in raw non-shelled peanut. Degree of fungal contamination did not correlate with that of bacterial contamination. Moisture contents of the test materials also showed no correlation with degree of fungal or bacterial contamination.

The most prevailing genus among isolates of fungi was *Penicillium* (43.8%) and next one was *Aspergillus* (24.0%). In addition to them, *Cladosporium* (6.3%), *Rhizopus* (3.1%), *Cephalosporium* (2.1%), *Scopulariopsis* (2.1%), *Epicoccum* (2.1%), *Paecilomyces* (2.1%), *Mortierella* (1.0%), *Gonatotryps* (1.0%), *Botrytis* (1.0%), *Monilia* (1.0%) and *Mucor* (1.0%) were also isolated.

Among 23 strains of the isolates of *Aspergillus*, 10 were identified as *A. flavus*, of which 7 were isolated from buckwheat flour and the others were from wheat flour. Five strains of them were proved to elaborate aflatoxin B₁ and/or B₂ *in vitro*. Most of them produced the toxin only in a small amount, but one strain which was isolated from wheat flour produced toxin B₁ in fairly large amount. It was estimated to be 23.2 mg/kg of the

*1 神奈川県衛生研究所：横浜市旭区中尾町 52-2

*2 国立予防衛生研究所：東京都品川区上大崎 2-10-35

mold rice medium by fluorodensitometric method. Toxicity of this toxin was tested by chicken embryo method. The value of LD_{50} was $0.125 \mu\text{g}/\text{Egg}$.

Aflatoxin itself was not detected directly in the material from which *A. flavus* was isolated.

(Received November 16, 1973)

最近、ヒトおよび動物に対する有害糸状菌の問題が大きくクローズアップされている。我が国では黄変米事件、外国では英国各地で10万羽以上のシチメンチョウとアヒルのヒナが斃死した事件が起こって問題を提起した。そして最近発がん性カビ毒 Aflatoxin が発見されるに至っている¹⁾。また、先年、アフラトキシンが輸入ピーナツバターなどピーナツ製品から検出され、食品の有害糸状菌汚染が一層注目されるようになった²⁾。これまでの糸状菌による食品汚染の報告をみると、その多くのものが米、麦類、大豆などの貯蔵穀類の糸状菌に関する研究であって^{3), 4)}、市販の粉状食品の糸状菌の分布およびその毒性など一貫した調査報告は比較的少ない^{5)~8)}。

著者らは市販食品が有害糸状菌、とくにアフラトキシン産生糸状菌にどの程度汚染されているかを知り、食品などについて強い発ガン性を有するアフラトキシンの産生菌 *Aspergillus flavus* の検出状況を調査した。また、同時にこれら食品の一般細菌数、糸状菌および酵母数、大腸菌群、水分含量ならびに pH などについての比較検討を行なったのでこれらの成績を報告する。

材料と方法

1. 試料

供試穀粉類は1972年7月から9月までの間に神奈川県下の製造販売店および小売店などから採取したそば粉、小麦粉各20、きな粉22、大豆19、落花生15、計96検体である (Table 1)。

Table 1. List of Samples

Buckwheat flour	20	Samples
Wheat flour	20	"
Roasted soybean flour	22	"
Soybean	19	"
Peanut { Raw	13	"
{ Roasted	2	"
Total	96	"

2. 糸状菌および酵母数の検査法

各試料の取り出し口を消毒用エタノールで清拭したのち、封を切り、滅菌スパーテルで十分かく拌したのち、滅菌アルミ箔上に2gを秤量した。これを滅菌乳鉢に入れ、滅菌リン酸緩衝生理食塩液 (希釈水) 18 ml を加えてよく混合、細碎して試料懸濁液を作り、またさらに希釈液を用いて 10^{-2} 希釈としたもの各1 ml をクロラム

フェニコール 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 添加の potato dextrose agar (PDA) 培地 (栄研化学) を用い混釈培養法で 27° 、7日間培養後に発育した集落数を数えた。

3. 一般細菌数および大腸菌群の検査法

一般細菌数および大腸菌群の測定は標準寒天培地 (栄研化学) および BGLB 培地 (栄研化学) を用い、常法⁹⁾によって行なった。

4. 糸状菌の分離同定法

上記混釈培養法で培地上に発育した各種集落を Czapek Dox Agar (栄研化学)、20% sucrose Czapek Dox agar および malt agar などの各平板培地およびスライド培養に接種し、記載された各属の性質に従って^{10)~14)}同定した。なお、*Aspergillus flavus* の同定に当っては国立衛生試験所衛生微生物部から分与されたアフラトキシン産生株、*Aspergillus flavus* Link NRRL-3,000 および ATCC 15517 を比較の参考として供試した。

5. アフラトキシン生産性の検査法

田辺ら¹⁵⁾の方法に準じて行なった。すなわち精白米30gを250 ml 容三角フラスコに入れ、高圧滅菌後、供試菌の孢子浮遊液 6 ml を接種し、 27° 、5日間培養 (毎日朝夕2回培養フラスコを手で振とう) 後、クロロホルム 50 ml を加えて冷蔵庫に保存し、さらに検査時にクロロホルム 100 ml を加えてブレンダーで粉砕抽出を行ない、ろ過した後、無水硫酸ナトリウムで脱水後ロータリーエバポレーターで 50 ml まで濃縮し抽出液とし、この抽出液を常法に従ってクリンアップを行ない、薄層クロマトグラフィーによって検出されたスポットについてさらに確認試験を行なった。定量には薄層クロマト上のスポットをけい光デンストメトリー (明日香工業製 SD-92型) によってアフラトキシン B_1 量を測定した。

6. 毒性試験法

栗飯原ら¹⁾の方法に準じた。すなわち有精卵を転卵装置付きふ卵器に横に寝かせて並べ、 38.5° 、96時間ふ卵後、無精卵を除き、明らかに血管の発育している有精卵の気室部から試料を卵黄囊内に1/2 mm 注射針によって接種した後、 38.5° 、48時間ふ卵し、鶏胚の生死により LD_{50} を求めた。

7. 水分含量および pH の測定法

水分含量は Kett 赤外線水分計 F-1A 型 (ケット科学研究所) を用いて行なった。pH は pH メーター F 5 SS (日立一堀場) を用いて試料5gに蒸留水 45 ml を加えてよく混合、細碎したものを測定した。

Table 2. Moisture Contents, pH and Number of Bacteria and Fungi in Various Cereals and Their Products

Sample	Number of sample tested	Moisture contents (%)	pH	Number of sample bacteria positive	Number of bacteria (/g)	Coliform group positive	Number of sample fungi positive	Number of fungi (/g)
Buckwheat	20	12.6-16.1 (mean 14.3)	6.2-6.8 (mean 6.5)	20	2,400-640,000 (mean 170,000)	16 (80%)	20 (100%)	200-96,000 (mean 23,000)
Wheat flour	20	12.9-15.0 (mean 14.0)	5.7-7.0 (mean 6.2)	20	50-6,1000 (mean 860)	0	18 (90%)	0-1,200 (mean 240)
Roasted soybean flour	22	4.7-11.9 (mean 7.5)	6.4-6.8 (mean 6.6)	18	0-2,000 (mean 130)	1 (4.5%)	10 (45.5%)	0-1,800 (mean 90)
Soybean	19	10.8-14.0 (mean 12.8)	6.2-7.2 (mean 6.4)	18	0-3,000 (mean 400)	0	15 (78.9%)	0-800 (mean 130)
Peanut { Raw, non-shelled Raw, shelled Roasted, shelled	11	6.4-8.0 (mean 7.4)	6.4-7.0 (mean 6.8)	11	70-2,600 (mean 540)	0	9 (81.8%)	0-2,200 (mean 280)
	2	7.2-10.1 (mean 8.6)	6.6-6.6 (mean 6.6)	2	340-3,200 (mean 1,800)	1 (50%)	2 (100%)	80-1,800 (mean 940)
	2	3.4-3.5 (mean 3.5)	6.3-6.4 (mean 6.4)	0	—	0	0	—
Total	96	(mean 9.7)	(mean 6.5)	89 (93%)	(mean 2,500)	18 (18.8%)	74 (77%)	(mean 3,500)

結果と考察

我が国において輸入ピーナッツおよびその製品のアフラトキシン汚染が明らかにされ²⁾、有害糸状菌による食品および飼料などの汚染に対する再認識が要求されるようになった。著者らはその目的に沿って、とくに糸状菌汚染を受けやすい食品といわれている小麦粉、そば粉^{9)~10), 15)}などの食品についてアフラトキシンを産生する可能性の考えられる *Aspergillus flavus* を中心に汚染実態を検討した。

その結果、各食品別の微生物汚染状況は Table 2 に示したように、そば粉における平均汚染菌量は、糸状菌および酵母数 23,000/g、一般細菌数 170,000/g で、しかも大腸菌群陽性のものが 80% であることが明らかになった。このように、ほとんどのそば粉から多くの細菌、糸状菌数の検出が認められ、かつ大腸菌群などに汚染されていることは食品衛生学的に注目されよう。一言ら⁸⁾によれば、そば粉の糸状菌量は 100~46,250/g、平均 6,055/g であったと報じ、著者らの成績よりかなり少ない。この差異については倉田ら⁸⁾も指摘しているように、その銘柄、加工または貯蔵など多くの条件の相違もさることながら検出方法の違いによることも考えられる。すなわち、著者らは混釈培養法を用い糸状菌以外の酵母集落を合わせて測定したためと思われる。常にそば粉に微生物が多いのは、小麦粉のように製粉前に洗浄処理が困難なことによるのであろう。そば粉から分離される糸状菌の種類は Table 3 に示されるように、*Penicillium* がもっとも高頻度で 80%、ついで *Aspergillus*, *Clad-*

dosporium および *Rhizopus*, *Scopulariopsis* などの順であり、倉田⁸⁾、一言ら⁸⁾の成績とほぼ一致していた。また *Aspergillus* 属のうちでアフラトキシンを産生する可能性のある *Aspergillus flavus* が 35% と高率に検出され、うち 2 株がこん跡程度のアフラトキシン B₁ あるいは B₂ を産生することが確かめられた (Table 4)。つぎに、小麦粉における平均汚染微生物数をみると、糸状菌および酵母数 240/g、一般細菌数 860/g で、大腸菌群を検出するものはなかった。倉田⁸⁾らによれば、小麦粉の糸状菌および酵母数は 50~2,050/g、平均 540 で、著者らの成績とほぼ一致している。Graves ら¹⁰⁾は小麦粉の細菌数は 220~20,000/g で、これらから分離された 268 株の多くは *Flavobacterium* 属、*Paraclobacterium aerogenoides* および *Pseudomonas* 属であったと報告している。Kent-Jones ら¹⁷⁾によれば、小麦粉の細菌数は約 1 か月の通常の貯蔵条件 (温度 15~20°, 湿度 65~77%) で 63~70% 減少し、また貯蔵中の小麦粉に含まれる細菌と糸状菌の消長は水分が多くなると細菌が急激に減少し、糸状菌が増加すると報じ、また梶原¹⁸⁾によれば、市販の小麦粉 (製造日付により推定 30 日前後) の細菌数は 1 等粉で 150~1,000、2 等粉で 1,000~3,000 であったと述べている。著者らの成績では、細菌数のもっとも少ない検体では 50/g で、水分含量は 14.5% であったのに対し、細菌数のもっとも多い検体では 6,100/g で、その水分含量は 14.2% であった。また細菌数の少ない検体の糸状菌および酵母数は 20/g で比較的少ない。それに対して、細菌数がもっとも多い検体の糸状菌および

Table 3. Genera of Fungi Isolated from Cereals

Genus	Sample tested					Total
	Buckwheat flour	Wheat flour	Roasted soybean flour	Soybean	Peanut	
<i>Penicillium</i>	16/20 (80%)	11/20 (55%)	2/22 (9%)	4/19 (21%)	9/15 (60%)	42 (43.8%)
<i>Aspergillus</i>	10/20 (50%)	4/20 (20%)	5/22 (23%)	3/19 (16%)	1/15 (6%)	23 (24.0%)
(<i>A. flavus</i>)	7/20 (35%)	3/20 (15%)	—	—	—	10 (10.4%)
<i>Cladosporium</i>	3/20 (15%)	2/20 (10%)	—	—	1/15 (6%)	6 (6.3%)
<i>Rhizopus</i>	3/20 (15%)	—	—	—	—	3 (3.1%)
<i>Scopulariopsis</i>	2/20 (10%)	—	—	—	—	2 (2.1%)
<i>Mortierella</i>	1/20 (5%)	—	—	—	—	1 (1.0%)
<i>Gonatobotrys</i>	1/20 (5%)	—	—	—	—	1 (1.0%)
<i>Botrytis</i>	1/20 (5%)	—	—	—	—	1 (1.0%)
<i>Epicoecum</i>	1/20 (5%)	1/20 (5%)	—	—	—	2 (2.1%)
<i>Paecilomyces</i>	—	—	1/22 (4.5%)	1/19 (5.3%)	—	2 (2.1%)
<i>Cephalosporium</i>	—	—	1/22 (4.5%)	1/19 (5.3%)	—	2 (2.1%)
<i>Monilia</i>	—	—	—	—	1/15 (6%)	1 (1.0%)
<i>Mucor</i>	—	—	—	—	1/15 (6%)	1 (1.0%)
Not identified	—	—	1/22 (4.5%)	—	1/15 (6%)	2 (2.1%)

Table 4. Aflatoxin Production of Isolated Strains of *A. flavus* on Mold Rice Medium

Strain	Sources	Aflatoxin productivity
No. 4	Buckwheat flour	B ₁ (trace)
No. 8	Buckwheat flour	Not detected
No. 10	Buckwheat flour	Not detected
No. 11	Buckwheat flour	Not detected
No. 17	Buckwheat flour	Not detected
No. 35	Buckwheat flour	B ₁ (trace)
No. 40	Buckwheat flour	Not detected
No. 32	Wheat flour	B ₁ (23.2 mg/kg), B ₂ (trace)
No. 34	Wheat flour	B ₁ (trace), B ₂ (trace)
No. 36	Wheat flour	B ₂ (trace)

酵母数は1,200/gであった。すなわち著者らの成績では Kent-Jons and Amos のいうように、細菌数と糸状菌数とは逆の関係になく、むしろ比例していた。また水分含量と微生物数との関連も認められなかった。

小麦粉から分離された糸状菌の種類と頻度をみると、*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* および *Epicoccum* の順であった (Table 3)。そして *Aspergillus flavus* 3株中1株が米培地上で 23.2 mg/kg という多量のアフラトキシン B₁ を産生した (Table 4)。また、Table 5 に示されるように、これを鶏胚法による毒性試験で 0.125 µg/Egg という強い毒性が示された。小麦粉由来のこの *Aspergillus flavus* 株のアフラトキシン産生能は我が国で小麦粉から検出された *Aspergillus flavus* 株の中でも強い strain と思われる¹⁰⁾。さらに鶏胚法における毒性については、各国の研究者が標準株としているアフラトキシン産生株 *Aspergillus flavus* ATCC 15517 よりも強い毒性をもつものと考えられた¹¹⁾。著者らの検出法ではアフラトキシン B₁ 以外の物質も含まれていることも考えられるので上記の標準株の毒性と正確に比較することは困難であろう。このように多量のアフラトキシンを産生する菌株が検出された小麦粉はそばつなぎ用という表示がされているものであった。倉田ら⁹⁾によれば、小麦粉から分離される糸状菌は *Penicillium* が 68% でもっとも多く、ついで *Aspergillus* 12% および *Cladosporium* 3.7% であり、著者らの成績と同様な傾向を示している。また、Wright¹⁰⁾によれば、90% 以上は *Penicillium* 属で、そのほか *Botrytis*, *Aspergillus*, *Cladosporium* などの順であったと報告している。

きな粉については、製造工程中に加熱処理されるためか上記粉状食品より糸状菌および酵母数は少なく、22検体中12検体 (55%) からは10倍希釈でも検出されなかった。また一般細菌数も 1g 当り 100 未満のものが 18 検体 (82%) であったが、1 検体からは大腸菌群が検出された (Table 2)。さらに検出された糸状菌の種類をみる

と (Table 3), *Aspergillus*, *Penicillium*, *Paecilomyces* の順で、倉田ら⁹⁾の成績と一致していた。それに対して、きな粉の原料となる大豆では、10倍希釈で糸状菌および酵母菌が検出されなかったものは18検体中4検体で、菌数でみても糸状菌および酵母数の平均値 130/g、一般細菌数 400/g であり、予想以上に衛生的であった。糸状菌の種類をみると、*Penicillium* がもっとも多く、*Aspergillus*, *Paecilomyces* および *Cladosporium* の順で検出されている (Table 3)。これはきな粉のフローラと類似しているが、大豆に付着していた糸状菌などがそのままきな粉に移行したのかどうかは不明である。

落花生については、一応殻付き、殻なしの生のもの、および殻付きの生のものに分けて調査したが、殻付きの生のものと炒ってあるものの検体数が少ないので、それぞれを比較することが困難である。しかし殻付きと殻なしの落花生の一般細菌数および糸状菌、酵母数にはほとんど相違が認められなかった (Table 2)。また Table 3 に示されるように、*Penicillium* が優先菌種であることも類似していたが、炒った殻付きの落花生から糸状菌、酵母あるいは細菌などが全く検出されなかった。

以上のように、市販されているそば粉、小麦粉およびきな粉などについて糸状菌による汚染状況を検討したの

Table 5. Chicken Embryo Test for Aflatoxins Produced by *A. flavus* (Strain 32)

Dose/Egg* (µg)	No. of eggs dead/ No. of eggs tested	LD ₅₀
1.0	29/30 (97%)	0.125
0.5	30/30 (100%)	
0.25	30/30 (100%)	
0.125	15/30 (50%)	
0.063	2/30 (7%)	
0	0/20 (0%)	

* 4 days old eggs were used

であるが、前述のように、そば粉および小麦粉からアフラトキシンを産生する可能性のある *Aspergillus flavus* が比較的多く検出され、しかもそばつなぎ用小麦粉からは多量のアフラトキシン B₁ を産生する本菌が検出された。このことは今後食品衛生上、とくに注意を払うべき問題と考える。

総 括

神奈川県下に市販されている粉状食品が有害糸状菌、とくにアフラトキシンを産生する可能性のある *Aspergillus flavus* がどの程度汚染しているかを知り、食品衛生に役立てる目的で、本菌の検出を中心に、一般細菌数、糸状菌および酵母数、大腸菌群、水分含量および pH を比較検討した。

1) すべての検体からの糸状菌および酵母の検出頻度は 77% であった。すなわち、そば粉、小麦粉、きな粉、大豆および落花生でそれぞれ 100, 90, 45.5, 78.9 および 73.3% であった。また検体 1g 当りの平均糸状菌および酵母数は、そば粉 23,000/g、小麦粉 240/g、きな粉 90/g、大豆 130/g および穀なしの生の落花生 280/g であった。また、検体 1g 当りの平均一般細菌数は、そば粉 170,000/g、小麦粉 860/g、きな粉 130/g、大豆 400/g および穀なしの生の落花生 540/g であった。なお、これらすべての検体の検出菌数と検体の水分含量および pH との間にはとくに関連性は認められなかった。

2) 検出された糸状菌の種類をみると、*Penicillium* (43.8%), *Aspergillus* (24.0%), *Cladosporium* (6.3%), *Rhizopus* (3.1%), *Scopulariopsis*, *Epicoccum*, *Paeecilomyces*, *Cephalosporium* がそれぞれ 2.1%, *Mortierella*, *Gonatotryps*, *Botrytis*, *Monilia* および *Mucor* 各 1.0% の順であった。

3) すべての検体から分離された *Aspergillus* 23 株中 10 株が *Aspergillus flavus* であった。すなわち、7 株がそば粉から、残り 3 株が小麦粉から分離された。また *Aspergillus flavus* 10 株中 5 株はこん跡程度のアフラトキシン B₁ あるいは B₂ を産生した。また小麦粉から分離された 1 株は高い産生能を有する株で、米培地中で 23.2 mg/kg のアフラトキシン B₁ を産生した。また鶏胚法による毒性は LD₅₀=0.125 μg/Egg であった。

4) いずれの検体からもアフラトキシンが直接検出されることはなかった。

稿を終るにあたり、アフラトキシン産生標準菌株の分与あるいはご指導ご鞭撻を賜った国立衛生試験所衛生微生物部長倉田 浩博士に心から感謝の意を表しま

す。また、試料採取にご協力をいただいた神奈川県衛生部食品環境課の各位に厚くお礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は第 26 回日本食品衛生学会（名古屋）で発表した。

文 献

- 1) 栗飯原景昭、矢野信礼：“食品衛生の微生物”朝倉書店。
- 2) 栗飯原景昭、中野尚子、伊藤嘉典、野村泰子、広緒律子、宮木高明：第 22 回食品衛生学会学術講演会講演（1971）。
- 3) 倉田 浩：食衛誌，9，431（1968）。
- 4) 倉田 浩：モダンメディア，17，21（1971）。
- 5) 倉田 浩、戸正勝：食衛誌，8，237（1967）。
- 6) 倉田 浩、戸正勝：同上，8，247（1967）。
- 7) Kurata, H., Tanabe, H., Udagawa, S., Ichinoe, M.: J. Food Hyg. Soc. Japan, 9, 29（1968）。
- 8) 一言 広、諸角 聖、和宇慶朝昭、善養寺 浩、倉田 浩、戸正勝：食衛誌，14，364（1973）。
- 9) 松井武夫、桑原章吾：“食品衛生試験法の実際、一細菌学的検査”栄研化学株式会社。
- 10) Raper, K. B., Fennell, D. I.: “The Genus *Aspergillus*”（1965）Williams and Wilkins Co., Baltimore.
- 11) Raper, K. B., Thom, C.: A Manual of the *Penicillia*”（1968）Hafner Publishing Co., Inc.
- 12) Barron, G. L.: “The Genera of Hyphomycetes from Soil”（1972）Edward Arnold Ltd.
- 13) Barnett, H. L.: “Illustrated Genera of Imperfect Fungi”（1967）Burgess Publishing Co.
- 14) Smith, G.: “An Introduction to Industrial Mycology”（1969）Edward Arnold Ltd.
- 15) 田辺弘也、ほか：厚生省食品衛生調査研究班“カビおよびカビ毒”に関する研究（昭和 47 年）。
- 16) Graves, R. R., Rogers, Ruth F., Lyons, A. J. Jr., Hesseltine, C. W.: Cereal Chem., 44, 288（1967）。
- 17) Kent-Jones, Amos: “Modern Cereal Chemistry” p. 523（1967）London Food Trade Press Ltd.
- 18) 梶原景光：化学と生物，10，93（1972）。
- 19) Barton-Wright, Tomkins: “Modern Cereal Chemistry” p. 529（1967）London Food Trade Press Ltd.