

Einstufung von Fleischerzeugnissen in leicht verderbliche, verderbliche und lagerfähige Produkte

W. RÖDEL, HANNELORE PONERT und L. LEISTNER

Aus der Bundesanstalt für Fleischforschung,  
Bundesrepublik Deutschland

In Norwegen wurde 1969 lebensmittelrechtlich festgelegt, daß Fleischerzeugnisse "leicht verderblich" sind und damit einem Kühlzwang unterliegen, wenn sie einen pH-Wert über 4,5 und einen  $a_w$ -Wert über 0,90 aufweisen. Ein derartiges Konzept objektiviert die Einschätzung der Haltbarkeit von Fleischerzeugnissen, die vorgeschlagenen Grenzwerte erscheinen jedoch recht streng.

Unter Auswertung des Schrifttums wurde von uns ermittelt, bei welchen pH-Werten,  $a_w$ -Werten und Temperaturen mit einer Hemmung der Vermehrung von verderbniserregenden und lebensmittelvergiftenden Bakterien bei Fleischerzeugnissen zu rechnen ist. Weiterhin wurden die pH-Werte und  $a_w$ -Werte von jeweils 10 Proben von 37 für Deutschland repräsentativen Sorten von Fleischerzeugnissen untersucht und zur empirischen Haltbarkeit der betreffenden Produkte in Beziehung gesetzt.

Aufgrund dieser Auswertung und Untersuchung konnte gefolgert werden, daß nach dem pH-Wert und  $a_w$ -Wert eine Einteilung der in Deutschland üblichen, nicht in Behältnissen konservierten Fleischerzeugnisse in drei Haltbarkeitsgruppen zweckmäßig erscheint. Jede Gruppe erfordert eine entsprechende Lagertemperatur:

Gruppe A "leicht verderblich"	pH-Wert $> 5,2$ und $a_w$ -Wert $> 0,95$ Kühlagerung bei $\leq + 5$ °C
Gruppe B "verderblich"	pH-Wert $\leq 5,2$ bis $\geq 5,0$ oder $a_w$ -Wert $\leq 0,95$ bis $\geq 0,91$ Kühlagerung bei $\leq + 10$ °C
Gruppe C "lagerfähig"	pH-Wert $\leq 5,2$ und $a_w$ -Wert $\leq 0,95$ oder nur pH-Wert $< 5,0$ oder nur $a_w$ -Wert $< 0,91$ keine Kühlagerung erforderlich

Der Vorteil dieser Einstufung liegt darin, daß nicht der Name des Erzeugnisses, sondern die tatsächliche mikrobiologische Stabilität für die Lagertemperatur maßgebend ist, denn Produkte mit dem gleichen Namen können eine recht unterschiedliche Haltbarkeit aufweisen. Da transportable Meßgeräte zur Verfügung stehen, mit denen der pH-Wert,  $a_w$ -Wert und die Temperatur auch unter Praxisbedingungen zuverlässig gemessen werden können, ist die Einstufung von Fleischerzeugnissen in drei Haltbarkeitsgruppen sowohl für die Hersteller von Fleischerzeugnissen als auch für den Handel sowie die Lebensmittelüberwachung nützlich.

Classement des produits carnés en fonction de leur susceptibilité à l'altération: produits très périssables, périssables, stables

W. RÖDEL, HANNELORE PONERT et L. LEISTNER

Institut Fédéral de Recherche sur les Viandes, Kulmbach  
République Fédérale d'Allemagne

Le droit alimentaire norvégien a défini en 1969 que les produits carnés étaient "très périssables" et qu'ils devaient de ce fait être maintenus en régime de froid, dans la mesure où ils présentaient une valeur de pH supérieure à 4,5 et une valeur d'activité de l'eau supérieure à 0,90. Cette prescription permet de rendre objective l'appréciation à la conservation des produits carnés, toutefois les valeurs limites proposées paraissent un peu trop sévères.

Les niveaux de pH, d'activité de l'eau et de température correspondant à l'inhibition de croissance des bactéries putréfiantes et productrices d'intoxications alimentaires ont été relevés dans la littérature. Les valeurs de pH et d'activité de l'eau ( $a_w$ ) mesurées chaque fois sur 10 échantillons de 37 produits carnés allemands représentatifs ont été comparées aux valeurs de stabilité empiriquement retenues pour ces mêmes produits.

Compte tenu des résultats fournis par la littérature et ces essais, un classement des produits allemands, à l'exception des conserves, en trois groupes de niveaux de conservation définis par les critères de pH et d' $a_w$  paraît tout à fait approprié. A chaque groupe correspond une température maximum de stockage:

Groupe A "très périssable"	pH $> 5,2$ et $a_w > 0,95$ Stockage au froid à $\leq + 5$ °C
Groupe B "périssable"	pH compris entre 5,2 et 5,0 ou $a_w$ compris entre 0,95 et 0,91 Stockage en frais à $\leq + 10$ °C
Groupe C "stable"	pH $\leq 5,2$ et $a_w \leq 0,95$ ou le seul pH $< 5,0$ ou la seule $a_w < 0,91$ Pas d'obligation de régime de froid

L'avantage de cette classification réside dans le fait que la température de stockage ne se décide pas en fonction de la dénomination de vente du produit, mais en fonction de la stabilité microbiologique réelle du produit; certains produits ayant la même dénomination de vente peuvent présenter des niveaux de stabilité fort différents. Compte tenu de l'existence d'appareils portatifs fiables permettant de mesurer dans les conditions de la pratique, le pH, l' $a_w$  et la température, le classement des produits carnés en trois groupes de niveaux de conservation est utile à la fois pour le fabricant et le distributeur de produits carnés et pour les services de la Répression des Fraudes.

Classification of Meat Products as highly perishable, perishable or shelf-stable Items

W. RÖDEL, HANNELORE PONERT und L. LEISTNER

Federal Meat Research Institute, Kulmbach,  
Bundesrepublik Deutschland

In 1969 Norwegian Food Regulations classified "highly perishable" meat products which have to be kept under refrigeration as those having a pH greater than 4.5 and a water activity ( $a_w$ ) greater than 0.90. Such a concept allows objective evaluation of the shelflife of meat products, but the suggested limits appear to be a little stringent.

The literature pertaining to spoilage and food-poisoning bacteria was studied to determine the levels of pH,  $a_w$  and temperature at which growth is inhibited. The pH and  $a_w$  was measured for each of ten samples of 37 representative German meat products and correlated with empirical knowledge of their shelflife.

On the basis of these studies, it seemed reasonable to classify German meat products which are not canned, into three storage groups according to their pH and  $a_w$ . Different storage conditions are necessary for each group:

Group A "highly perishable"	pH $> 5.2$ and $a_w > 0.95$ Refrigeration $\leq 5$ °C
Group B "perishable"	pH 5.2 - 5.0 (inclusive) or $a_w$ 0.95 - 0.91 (inclusive) Refrigeration $\leq 10$ °C
Group C "shelf-stable"	pH $\leq 5.2$ and $a_w \leq 0.95$ or only pH $< 5.0$ or only $a_w < 0.91$ No refrigeration required

The advantage of this system is that objective criteria and not the name of the products determine the storage temperature, because products with the same name may be produced by distinct technologies and therefore have different storage characteristics. Portable equipment for reliable measurement of pH,  $a_w$  and temperature under field conditions is available. Therefore, this system of classification of meat products can be of benefit to processors, distributors and inspectors of food.

Einstufung von Fleischerzeugnissen in leicht verderbliche, verderbliche und lagerfähige Produkte

W. RÖDEL, HANNELORE PONERT und L. LEISTNER

Aus der Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

Ursachen der Verderbnis von Lebensmitteln sind mikrobiologische, chemische und physikalische Prozesse, die sich bei der Lagerung von Fleisch und Fleischwaren in oder auf diesen Produkten vollziehen. Die Dynamik mikrobiologischer Verderbsprozesse wird von mehreren Faktoren bestimmt. Nach MOSSEL und INGRAM (1955) und WOSSEL (1971) gibt es die inneren Faktoren (intrinsic factors), die sowohl auf der chemischen Zusammensetzung und dem physikalischen Zustand des Lebensmittels als auch auf der Technologie der Verarbeitung beruhen, und die äußeren Faktoren (extrinsic factors), die mit der Lagerungstemperatur und der relativen Feuchtigkeit bei der Lagerung sowie auch dem Sauerstoffpartialdruck in Zusammenhang stehen. Auch implizite Faktoren, wie die Entwicklungsgeschwindigkeit der Mikroorganismen, das Nährstoffangebot oder der Zusatz bakteriostatischer Substanzen im Lebensmittel beeinflussen den mikrobiellen Verderb. Für den Ablauf des Verderbsgeschehens sind jedoch nicht nur die Produktfaktoren maßgebend, sondern vor allem auch die Primär- bzw. Sekundärkontamination. Eine Verderbnis erfolgt umso schneller, je höher der Keimgehalt auf der Oberfläche des Produktes ist, je mehr eiweißspaltende und säuernde Bakterien vorhanden sind und je günstiger die Voraussetzungen für deren Vermehrung in bezug auf die Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie die Wasseraktivität auf der Oberfläche des Produktes sind.

Wenn ein Lebensmittel so starke nachteilige Veränderungen erfahren hat, daß von einer Fäulnis oder unerwünschten Säuerung gesprochen werden muß, gilt das Lebensmittel als verdorben. Die Verdorbenheit eines Lebensmittels ist ein feststellbarer Zustand. Demgegenüber ist die Verderblichkeit eines Lebensmittels eine Eigenschaft, die die Möglichkeit des späteren Verderbens kennzeichnet (LOEPER,

1969). Der Grad der Verderblichkeit eines Produktes wird durch alle die substratimmanenten Eigenschaften bestimmt, die das Risiko des Verderbs erhöhen. Deshalb werden Produkte, die aufgrund ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung sich besonders leicht durch bakterielle Vorgänge nachteilig verändern, als "leicht verderbliche Lebensmittel" bezeichnet.

In Norwegen wurde 1969 im § 8 Abs. 2 der "General Directions for the Production and the Distribution of Foods" vom 15. November 1969 festgelegt, daß nicht eingedoste und nicht gefrorene Fleischerzeugnisse "leicht verderblich" sind und damit einem Kühlzwang unterliegen, wenn sie einen pH-Wert über 4,5 und einen  $a_w$ -Wert über 0,90 aufweisen. Diese Grenzwerte beinhalten einen sehr hohen Sicherheitsfaktor im Hinblick auf die Vermehrung von verderbniserregenden und lebensmittelvergiftenden Mikroorganismen. Ein derartiges Konzept objektiviert die Einschätzung der Haltbarkeit von Fleischerzeugnissen, die Grenzwerte sind aber in dieser Form für die Fleischerzeugnisse in der Bundesrepublik Deutschland nicht ohne weiteres zu übernehmen, da sie nur von sehr wenigen Produkten erfüllt würden.

Es ist eine allgemeine Erfahrungstatsache, daß manche Fleischprodukte leichter verderblich sind als andere und daher einer intensiveren Kühlung bedürfen. Die Fleischerzeugnisse, die weniger verderblich sind, weisen im allgemeinen eine geringere Wasseraktivität auf. Allerdings ist die Vermehrung von Mikroorganismen auf oder in Fleischwaren nicht allein abhängig vom  $a_w$ -Wert des Produktes, sondern auch von anderen Faktoren, wie Temperatur, pH-Wert, Eh-Wert, dem Nitritzusatz und der Konkurrenzflora (LEISTNER, 1974). Man kann sogar davon ausgehen, daß in den meisten Fällen die Haltbarkeit von Fleischerzeugnissen auf der kombinierten Wirkung mehrerer Faktoren ("Hürdeneffekt") beruht, die das Wachstum der Mikroorganismen hemmen (WODZINSKI und FRAZIER, 1961; IANDOLO et al., 1964; PETERSON et al., 1964; SPGNER et al., 1966; GENIGEORGIS und SADLER, 1966; OHYE et al., 1966; BAIRD-PARKER und FREAME, 1967; MARLAND, 1967; McLEAN et al., 1968; MATCHES und LISTON, 1968; ALFORD und PALUMBO, 1969; GENIGEORGIS et al.,

1971; SEGNER et al., 1971). Dennoch ist es möglich, die Haltbarkeit bzw. Verderblichkeit von Fleischerzeugnissen vorauszusagen, wenn nur der  $a_w$ -Wert und der pH-Wert der Produkte sowie die Aufbewahrungstemperatur gemessen und berücksichtigt werden. Unter Auswertung des Schrifttums über den Einfluß der Wasseraktivität, der Wasserstoffionenkonzentration sowie auch der Temperatur auf die Vermehrung und Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen wurde von uns ermittelt, bei welchen  $a_w$ -Werten, pH-Werten und Temperaturen mit einer Hemmung der Vermehrung von verderbniserregenden und lebensmittelvergiftenden Bakterien bei Fleischerzeugnissen zu rechnen ist. Eine experimentelle Überprüfung der zugrundegelegten Schrifttumsangaben wurde nicht vorgenommen. Weiterhin wurden die  $a_w$ -Werte und pH-Werte von jeweils 10 Proben von 37 repräsentativen deutschen Sorten von Fleischbetreffenden Produkte in Beziehung gesetzt. Aus dieser Auswertung und Untersuchung konnte gefolgert werden, daß nach dem pH-Wert und  $a_w$ -Wert eine Einstufung der in Deutschland üblichen, nicht in Behältnissen konservierten Fleischerzeugnisse in leicht verderbliche, verderbliche und lagerfähige Produkte zweckmäßig erscheint. Für jede Haltbarkeitsgruppe ist eine entsprechende Lager-temperatur erforderlich. Von diesem Konzept werden die Bakterien erfaßt, die Verderbnis oder Lebensmittelvergiftungen bei Fleisch-erzeugnissen verursachen, jedoch nicht die Hefen und Schimmelpilze, die langsamer wachsen als die Bakterien und die, wenn erforderlich, durch fungistatische Substanzen, wie Kaliumsorbat, gehemmt werden können (LEISTNER, MAING und BERGMANN, 1975).

Der Tabelle 1 ist zu entnehmen, daß nach unserem Konzept "leicht verderbliche" Fleischwaren (Gruppe A) einen  $a_w$ -Wert über 0,95 und einen pH-Wert über 5,2 aufweisen und daher bei Temperaturen bei oder unter + 5 °C gelagert werden sollten. Die "verderblichen" Fleischwaren (Gruppe B) haben entweder einen  $a_w$ -Wert von oder unter 0,95 oder einen pH-Wert von oder unter 5,2, sie müssen bei oder unter + 10 °C aufbewahrt werden. Eine Ausnahme sollte allerdings für verderbliche Fleischwaren (Gruppe B) beim Feilhalten in Kühltheken (Verkaufstheken) gemacht werden; hier sind bis zu

+ 15 °C zu tolerieren, da damit zu rechnen ist, daß diese Ware schneller verbraucht wird und es Schwierigkeiten bereitet, eine Fleischware, die an einem Verkaufstag häufig zum Aufschneiden der Kühltheke entnommen wird, ständig bei + 10 °C und weniger zu kühlen. Die "lagerfähigen" Fleischerzeugnisse (Gruppe C) haben einen  $a_w$ -Wert von oder unter 0,95 und einen pH-Wert von oder unter 5,2 oder nur einen  $a_w$ -Wert unter 0,91 oder nur einen pH-Wert unter 5,0. Diese Produkte bedürfen keiner Kühlung und ihre Haltbarkeit wird meist nicht durch mikrobiellen, sondern durch chemischen oder physikalischen Verderb, also insbesondere durch Ranzigkeit und Verfärbung, begrenzt. Es ist schwer möglich, für die einzelnen Haltbarkeitsgruppen genaue Lagerungszeiten anzugeben. Werden Produkte der Gruppe A bei + 5 °C gelagert, sollte die Lagerzeit 4 bis 6 Tage nicht überschreiten. Produkte der Gruppe B sollten bei + 10 °C nicht länger als 10 Tage gelagert werden. Allerdings verlängert sich die Lagerzeit, wenn die Produkte bei niedrigeren Temperaturen als 5 °C bzw. 10 °C gekühlt werden.

Tabelle 1: Haltbarkeitsgruppen von Fleischerzeugnissen, basierend auf dem  $a_w$ -Wert und dem pH-Wert der Produkte, mit den erforderlichen Aufbewahrungstemperaturen

Haltbarkeitsgruppe	Kriterium	Temperatur
Gruppe A "leicht verderblich"	$a_w$ -Wert > 0,95 und pH-Wert > 5,2	≤ + 5 °C
Gruppe B "verderblich"	$a_w$ -Wert ≤ 0,95 bis ≥ 0,91 oder pH-Wert ≤ 5,2 bis ≥ 5,0	≤ + 10 °C
Gruppe C "lagerfähig"	$a_w$ -Wert ≤ 0,95 und pH-Wert ≤ 5,2 oder nur $a_w$ -Wert < 0,91 oder nur pH-Wert < 5,0	keine Kühlung erforderlich

Die Tabelle 2 zeigt die tatsächlich gemessenen  $a_w$ - und pH-Werte von jeweils 10 unterschiedlichen Proben einer Fleischwarensorte und die daraus abgeleitete Einstufung der Produkte in Haltbarkeitsgruppen. Diese Einstufung der untersuchten Fleischerzeug-

Tabelle 2: Tatsächlich gemessene  $a_w$ - und pH-Werte von jeweils 10 unterschiedlichen Proben einer handelsüblichen Fleischwarenorte und die daraus abgeleitete Einstufung in Haltbarkeitsgruppen. Als Grenzwerte sind für den pH-Wert 5,2 und für den  $a_w$ -Wert 0,950 gewählt worden

Kategorie	Sorte	pH-Wert		$a_w$ -Wert		Gruppe	Kühlung		
		von	bis	von	bis		+5°C	+10°C*	ohne
Frisches Fleisch	Schabefleisch	5,7	5,6	0,990	0,981	A**	-	-	-
	Hackfleisch	6,3	5,6	0,989	0,978	A**	-	-	-
	Hackepeter	6,3	5,7	0,986	0,978	A**	-	-	-
Brühurst	Leberkäse	6,3	5,9	0,962	0,974	A	A	-	-
	Lyoner	6,4	6,0	0,982	0,966	A	A	-	-
	Bierschinken	6,3	6,1	0,982	0,961	A	A	-	-
	Gelbwurst	6,3	6,0	0,976	0,964	A	A	-	-
	Jagdwurst	6,3	6,1	0,975	0,959	A	A	-	-
	Bratwurst	5,9	5,5	0,968	0,961	A	A	-	-
	Bierwurst	6,2	5,9	0,974	0,952	A	A	-	-
	Tiroler	6,3	5,9	0,972	0,952	A	A	-	-
	Wiener	6,1	5,8	0,976	0,944	A, B	A	B	-
	Göttinger	6,2	5,5	0,968	0,937	A, B	A	B	-
	ital. Mortadella	6,2	4,9	0,962	0,943	A, B, C	A	B	C
Kochwurst	Schweinskopfsülze	5,7	4,5	0,984	0,966	A, B, C	A	B	C
	Preßsack weiß	6,6	6,4	0,976	0,958	A	A	-	-
	Preßsack rot	7,0	6,4	0,975	0,954	A	A	-	-
	Zungwurst	6,6	6,3	0,973	0,958	A	A	-	-
	Thüringer Rotwurst	6,8	6,2	0,974	0,954	A	A	-	-
	Landleberwurst	6,4	6,1	0,967	0,949	A, B	A	B	-
	fette Leberwurst	6,4	6,0	0,964	0,949	A, B	A	B	-
	Kalbsleberwurst	6,5	6,1	0,960	0,946	A, B	A	B	-
	Speckwurst	7,1	5,8	0,973	0,858	A, B, C	A	B	C
	Rohwurst	Frische Mettwurst	5,8	5,0	0,967	0,950	A, B, C	A	B
Teewurst		5,7	4,8	0,954	0,932	A, B, C	A	B	C
Grobe Mettwurst		5,4	4,9	0,946	0,862	A, B, C	A	B	C
Cervelatwurst		5,1	4,7	0,930	0,820	C	-	-	C
Plochwurst		5,3	4,1	0,928	0,822	C	-	-	C
Salami		5,1	4,6	0,944	0,724	C	-	-	C
Pökelfleisch im Stück	Kochschinken	6,5	6,1	0,980	0,962	A	A	-	-
	Kasseler	6,4	5,7	0,973	0,961	A	A	-	-
	Schwarzeräucherfleisch	6,1	5,6	0,974	0,903	A, B, C	A	B	C
Rohpökelfleisch	Rohschneider	5,7	5,3	0,960	0,911	A, B, C	A	B	C
	Lachschinken	5,8	5,2	0,963	0,820	A, B, C	A	B	C
	Knochenschinken	6,0	5,5	0,925	0,878	B, C	-	B	C
	Rauchfleisch	5,8	4,9	0,928	0,848	B, C	-	B	C
	Bündener Fleisch	6,2	5,5	0,911	0,792	B, C	-	B	C

\* in Verkaufstheken bis maximal +15°C

\*\* Diese Produkte unterliegen auf Grund ihrer extremen Verderblichkeit in der Bundesrepublik den Verkehrsbeschränkungen der Hackfleisch-Verordnung (Verkauf am selben Tag; unter 4°C Kühlung)

nisse nach den vorgeschlagenen  $a_w$ - und pH-Grenzwerten und den Haltbarkeitsgruppen läßt erkennen, daß eine Einliederung von Produkten in "leicht verderbliche" und andere Lebensmittel, speziell auf dem Fleischsektor, aufgrund der Produktbezeichnung nicht zuverlässig möglich ist, denn häufig sind die angewandten Technologien und die daraus resultierende Haltbarkeit auch bei Fleischerzeugnissen mit dem gleichen Namen recht unterschiedlich. Daher sollte die Einstufung nicht aufgrund des Namens, sondern anhand objektiver Meßdaten, also des  $a_w$ - und pH-Wertes, vorgenommen werden.

Der Vorteil dieser Einstufung liegt darin, daß nicht der Name des Erzeugnisses, sondern die tatsächliche mikrobiologische Stabilität für die Kühlmaßnahmen ausschlaggebend ist. Da transportable Meßgeräte zur Verfügung stehen, mit denen der  $a_w$ -Wert, pH-Wert und die Temperatur auch unter Praxisbedingungen zuverlässig gemessen werden können (LEISTNER et al., 1975; RÖDEL et al., 1975), ist die Einstufung von Fleischerzeugnissen in drei Haltbarkeitsgruppen sowohl für den Hersteller von Fleischerzeugnissen als auch für den Handel sowie die Lebensmittelüberwachung nützlich.

#### Literatur:

- Alford, J. A. and S. A. Palumbo (1969): Appl. Microbiol. **17**, 528.
- Baird-Parker, A. C. and B. Freame (1967): J. appl. Bacteriol. **30**, 420.
- Genigeorgis, C. and W. W. Sadler (1966): J. Bacteriol. **92**, 5.
- Genigeorgis, C., M. S. Foda, A. Mantis and W. W. Sadler (1971): Appl. Microbiol. **21**, 862.
- Iandolo, J. J., Z. J. Ordal and L. D. Witter (1964): Canad. J. Microbiol. **10**, 803.
- Leistner, L. (1974): Fleischwirtschaft **54**, 1036.
- Leistner, L., I. Y. Maing und Elisabeth Bergmann (1975): Fleischwirtschaft **55**, 559.
- Leistner, L., W. Rödel und F. Wirth (1975): Fleischwirtschaft **55**, 190.
- Loeper von (1969): Fleischwirtschaft **49**, 1429.
- Marland, R. E. (1967): Diss. Abstr. **27**, 3165.
- Matches, J. P. and J. Liston (1968): J. Food Sci. **33**, 641.
- McLean, R. A., H. D. Lilly and J. A. Alford (1968): J. Bacteriol. **95**, 1207.
- Mossel, D. A. A. and M. Ingram (1955): J. appl. Bacteriol. **18**, 232.
- Mossel, D. A. A. (1971): J. appl. Bacteriol. **34**, 95.
- Ohye, D. F., J. H. B. Christian and W. J. Scott (1966): Int. Symp. Food Microbiol. 5th, Moskow, p. 136.
- Peterson, A. C., J. J. Black and M. F. Gunderson (1964): Appl. Microbiol. **12**, 70.
- Rödel, W., Hannelore Ponert und L. Leistner (1975): Fleischwirtschaft **55**, 557.
- Segner, W. P., C. F. Schmidt und J. K. Boltz (1966): Appl. Microbiol. **14**, 49.
- Segner, W. P., C. F. Schmidt und J. K. Boltz (1971): Appl. Microbiol. **22**, 1025.
- Wodzinski, R. J. and W. C. Frazier (1961): J. Bacteriol. **81**, 353.