

DISPONIBILIDAD DE NIACINA EN CEREALES

M.V.Z., M.S. FRANCISCO O. BRAVO¹

Resumen

El objetivo de esta revisión de literatura es proporcionar evidencias del aprovechamiento de la niacina de la tortilla y otros productos derivados de los cereales, para la alimentación de seres humanos y animales domésticos monogástricos.

Cuando se calcula la aportación de vitaminas en dietas de cerdos y aves de corral, deben omitirse las cantidades de niacina, que los cuadros de composición de alimentos indican para los cereales; ya que de acuerdo con la información proporcionada en esta revisión de literatura, la niacina no es disponible para estas especies.

En México, el hábito del consumo de tortillas está cambiando por el del pan. Esta situación es especialmente grave en las personas de escasos ingresos económicos que viven en los grandes centros de población, ya que, si esta tendencia aumentara, habrá que considerar la suplementación de niacina en los productos de panadería para evitar la presencia de pelagra.

En 1940 Kodicek¹ al trabajar con un método colorimétrico para la cuantificación de niacina de diversos alimentos, encontró que en algunos cereales, sólo una pequeña fracción del cromógeno obtenido; se comportaba como la niacina que había obtenido de tejidos animales, que es fácilmente extractable con agua hirviendo. Como resultado, este investigador consideró que sólo esta fracción era la forma activa de la niacina llamando al resto del cromógeno obtenido, sustancias contaminantes. En un estudio posterior² hidrolizó los cereales con hidróxido de sodio (NaOH) y en esta forma encontró una mayor cantidad de niacina. En experimentos realizados con perros alimentados con harina de maíz amarillo que tenía un contenido elevado en niacina "aparente" (27 µg/g) observó que se presentaba deficiencia de niacina (lengua negra). Kodicek² concluyó que la única forma activa de la niacina, era aquella susceptible de ser extraída con agua hirviendo y que el resto se hallaba en forma combinada en la semilla de cereales y no era disponible para el perro.

La disponibilidad de la forma combinada de niacina en cereales para el perro,² rata,^{3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13} cerdo^{14, 15, 16, 17} y aves de corral^{18, 19} ha sido extensamente estudiada. Los resultados de estos experimen-

tos muestran concluyentemente, en todos los casos en que estas especies fueron alimentadas con maíz, arroz, avena, trigo o cebada no tratados previamente con algún compuesto alcalino, desarrollaron síntomas característicos de deficiencia de niacina. Parece ser que el tratamiento de cereales con sustancias alcalinas es el más efectivo para liberar la niacina de su forma combinada. La concentración de álcali debe ser suficientemente alta para que supere la acidez natural del cereal y debe estar en contacto con el grano suficiente tiempo para que penetre y ejecute su efecto liberador de la niacina. Aun en esta etapa, la niacina no ha sido totalmente liberada y es necesario un calentamiento a un pH alcalino para permitir su total liberación.

El hervir maíz o trigo en agua no aumenta apreciablemente el contenido en niacina libre de estos cereales. Carpenter *et al.*³ encontraron que hirviendo maíz en agua durante una hora y después remojándolo por más de 40 horas, no resultaba en una liberación detectable de niacina. El material resultante, no curó a ratas con deficiencia de niacina (acrodinia). Maíz remojado durante 20 horas y posteriormente hervido en agua, liberó únicamente 14% de la niacina combinada. La preparación de maíz resultante sólo permitió un ligero efecto curativo o preventivo de acrodinia en ratas Cuadro 1 (C) atribuible a la pequeña cantidad de niacina liberada.

Harper *et al.*⁴ no pudieron demostrar algún efecto benéfico de hervir maíz durante una hora y media o 4 horas a 108°C. Saby y

Recibido para su publicación el 10 de diciembre de 1970.

¹ Departamento de Bioquímica y Nutrición Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, S.A.G., Km 15½ de la carretera México Toluca, México, D. F.

CUADRO 1

Resumen de resultados de los experimentos con ratas alimentadas con maíz sometido a diversos tratamientos con y sin suplemento de niacina

Tratamiento empleado (a)	Cantidad de niacina suplementada (mg/kg dieta)	Ganancia de peso (g/semana)	Consumo de niacina $\mu\text{g}/\text{día}$		
			Libre	Combinada	Total
A Maíz no tratado, 40% (3)	..	-2.7	1	45	46
Maíz no tratado, 40% (3)	10	21.8	140	99	239
B Maíz tratado, 40% con agua de cal (3)	..	22.3	15.1	0	15.1
Maíz tratado, 40% con agua de cal	10	25.0	32.9	0	32.9
C Maíz hervido 5 h. 40% (3)	..	6.8	14	68	82
Maíz hervido 5 h. 40% (3)	10	21.9	165	114	279
D Maíz amarillo, 40% (34)	..	-1.1	1	39	40
Maíz amarillo, 40% (34)	10	22.6	152	106	258
E Gluten, 0.5N de NaOH, 11% (11)	..	6.0	43	55	98
Gluten, 0.14N de NaOH, 11% (11)	..	-2.1	2	73	75
F Gluten 1% agua de cal (34)	..	-2.0	7	64	71
Gluten 0.1% agua de cal (34)	..	-2.5	2	55	57

(a) Números entre paréntesis se asignan a la referencia citada.

Tannous²⁰ hirvieron trigo durante 0.5, 1, 1.5, 2 y 3 horas sin obtener liberación de grandes cantidades de niacina. Sin embargo, el producto resultante tenía un contenido ligeramente mayor en niacina libre. Estos resultados son comparables con los obtenidos por Carpenter *et al.*⁵

El horneado de productos de trigo a un pH ligeramente alcalino y durante 5 a 20 minutos no causa la liberación de niacina en cantidades apreciables.²¹ Soluciones alcalinas débiles son poco efectivas para liberar a la niacina combinada de los cereales. Kodicek⁵ trató el gluten de maíz amarillo con soluciones 0.5 o 0.14 N de NaOH durante 30 minutos a 100°C, lo enfrió y ajustó el pH, con HCl concentrado a la acidez original del gluten (pH 4.5). Sus resultados son presentados en el Cuadro 1 (E), donde se puede apreciar que el tratamiento alcalino más drástico permitió mayores ganancias de peso en las ratas.

En otro experimento, Kodicek y Wilson⁶ trataron muestras de gluten en dos formas distintas: una parte de gluten en 2 partes de agua de cal (1% CaO) fue calentada durante 90 minutos a 80°C (el pH de la suspensión era de 8.5), 14 horas después el pH fue reducido a 6.8 con ácido ortofosfórico. El material

resultante, fue secado a 70°C y molido. La segunda muestra fue preparada en idéntica forma pero en este caso se usó el agua de cal con sólo 0.1% de CaO. Como puede observarse en el Cuadro 1 (F), la primera muestra sólo tuvo 10% de su contenido total de niacina en forma libre. Esto concuerda con las observaciones mencionadas anteriormente en sentido de que el tratamiento de cereales con agua de cal o sustancias alcalinas no necesariamente libera toda la niacina. La segunda muestra tratada con la solución al 0.1% de CaO no incrementó su contenido en niacina libre debido a que la debilidad del álcali no pudo superar la acidez del gluten (pH 4) y el pH final fue solamente 6.0.

Con el fin de obtener una liberación completa de la niacina combinada, es indispensable el cocimiento del ingrediente cuando aún permanece a un pH alcalino.

La mayor evidencia de niacina combinada en cereales ha sido obtenida usando a la rata como animal experimental, pero existe una extensa información respecto a la disponibilidad de la niacina combinada para el cerdo. Kodicek *et al.*¹⁴ encontraron que el maíz, al igual que otros cereales (trigo y arroz) causó signos de deficiencia de niacina cuando fue

administrado a cerdos en crecimiento. Kodicek *et al.*¹⁵ proporcionaron una dieta con 79% de maíz, deficiente en niacina a cerdos, durante un período tendiente a disminuir sus reservas de esta vitamina. Cada cerdo fue alimentado con las dietas experimentales cuando dejó de ganar o perdió peso durante 7 días. Los tratamientos consistieron en un control negativo (la misma dieta deficiente en niacina empleada antes), la misma dieta con 6 mg de niacina y una dieta de tortilla (79%) sustituyendo al maíz. Los resultados, mostrados en el Cuadro 2, fueron concluyentes: los cerdos que consumieron la dieta de maíz, ganaron únicamente 110 g diariamente comparándolos con 513 g ganados por los cerdos alimentados con tortilla. A la necropsia, los cerdos alimentados con tortilla tuvieron 109 µg de niacina por gramo de hígado, casi el doble de los cerdos alimentados con maíz (60.1 µg/g). Se encontró una alta correlación (0.81) entre

N-Metil-2-piridona-5-carboxamina (2PC), niveles sanguíneos de nicotinamida adenin dinucleótido (NAD), ganancia de peso y eficiencia de conversión. En todos los casos en que fue añadida a la dieta niacina cristalina, las excreciones urinarias de NMN y 2PC aumentaron notablemente. Cuando se añadió niacina a dietas conteniendo 80% de maíz, las excreciones de NMN y 2PC aumentaron de 0.86 a 3.49 mg/día y de 0.51 a 4.46 mg/día respectivamente. Resultados similares fueron obtenidos cuando se suplementó con niacina a dietas conteniendo sorgo o trigo rojo. La suplementación de niacina mejoró las ganancias de peso de cerdos que consumieron dietas basadas en maíz o sorgo, como principal fuente energética.

Heuser y Scott¹⁸ alimentaron patos con trigo y notificaron una debilidad en las piernas caracterizada por un severo arqueamiento. Esta situación fue totalmente prevenida al

CUADRO 2

Promedios de ganancia de peso, consumo de alimento y de niacina en cerdos alimentados con diferentes niveles de niacina libre

Tratamiento (a)	Número de cerdos	Ganancia de peso (kg/día)	Consumo de alimento (kg/día)	Consumo de niacina µg/día		
				Libre	Combinada	Total
Dieta control	6	0.110	1.32	2.6	18.4	21.0
Control + 6 mg de niacina/día	5	0.247	1.72	9.4	24.1	33.5
Dieta de tortilla	4	0.513	1.91	19.9	0	19.9

(a) Maíz o tortilla, 79%; pasta de chícharo, 10.5%; caseína, 5%; aceite de bacalao, 5%; cloruro de sodio, 0.5%; minerales, 2.0% (carbonato de calcio 200, ceniza de hueso 200, óxido de hierro 8, partes por peso); vitaminas (mg/45.4 kg de dieta) tiamina HCl, 72; riboflavina, 198; pantotenato de calcio, 720; piridoxina HCl, 104; cianocobalamina, 0.52; ácido fólico, 2.8; biotina 0.8.

consumo de niacina libre y el contenido de niacina del hígado. La relación entre niacina total (libre + combinada) y niacina en hígado no fue significativa ($r = 0.30$). Las lesiones postmórtem de los cerdos que consumieron la dieta deficiente en niacina, fueron similares a las notificadas por N.R.C.²² para esta deficiencia.

Luce *et al.*¹⁶ encontraron que la niacina del trigo rojo de invierno era en su mayor parte no disponible para el cerdo y en un informe posterior¹⁷ concluyeron que la niacina del maíz amarillo y sorgo, tampoco era disponible para esta especie. Estos informes se basaron en la determinación de la excreción urinaria de niacina libre, N-Metil nicotinamida (NMN),

suplementar las dietas con 5 o 7.5% de levadura de cerveza seca o al añadir 22 mg de niacina por kg de dieta. Dichos investigadores concluyeron que la niacina del trigo, no es disponible para el pato. Manouskas¹⁹ indicó disponibilidades de niacina de 30, 36 y 100% de maíz, de trigo y pasta de soya respectivamente para gallinas ponedoras alimentadas con una dieta conteniendo 0.14% de triptófano.

Se sabe que el metabolismo de la niacina en el hombre es similar al del cerdo. Aunque no hay evidencia directa respecto a la disponibilidad de niacina combinada en el hombre, la relación entre dietas de maíz y deficiencia de niacina (pelagra) como ocurría hace unos

años en los Estados Unidos, sucede actualmente en países donde las dietas están basadas predominantemente en cereales, dando una indicación clara que la niacina del maíz, trigo o arroz en su mayor parte no es disponible para el hombre.

La pelagra, aunque tradicionalmente asociada con altos consumos de maíz, es rara en México y Centroamérica donde este cereal puede contribuir hasta el 80% de las calorías de dietas rurales, básicamente en forma de tortilla. Evidentemente en esta área la actividad combinada de niacina-triptófano en las dietas, es suficiente para prevenir la aparición de pelagra clínica. Esto puede deberse en parte, a que el frijol (*Phaseolus vulgaris*) que es el segundo ingrediente en importancia de estas dietas, es una buena fuente de niacina (2.42 mg de niacina/100 g)²³ y en parte también a la fácil disponibilidad de la niacina de la tortilla.

Goldsmith *et al.*²⁴ no pudieron producir pelagra experimentalmente en seres humanos cuando fueron alimentados con maíz o tortilla, indicando que la niacina del maíz no tratado, era disponible para el hombre. Desafortunadamente este grupo sólo proporcionó 90 g de maíz o tortilla a dos pacientes que además, recibieron una dieta que cubría sus requerimientos nutricionales con excepción de niacina.

El promedio de consumo diario de tortilla en México por persona es de 290 gramos; personas de escasos recursos llegan a consumir hasta 700 gramos diariamente.²⁵ Evidencia histórica más que resultados experimentales, confirman la teoría de que la niacina combinada en cereales no es disponible para seres humanos.

Cravioto *et al.*⁸ y Squibb *et al.*^{9, 10} alimentaron ratas con dietas típicas de México y Centroamérica. Estas dietas eran, en general, bajas en triptófano y niacina. Cuando usaron maíz en lugar de tortillas, las ratas presentaron acrodinia, ésta desapareció cuando la tortilla sustituyó al maíz. La adición de 15% de frijol a las dietas a base de tortilla, como comúnmente se usa en dietas locales, permitió un mayor crecimiento corporal y un aumento en el contenido de niacina del músculo de la pierna de 3.52 a 6.29 mg/100 g.⁹

Algunos informes^{26, 27} indican que el tratamiento del maíz con agua de cal, más que aumentar la disponibilidad de niacina, altera

su composición de aminoácidos y en esa forma, corrige el desbalance de aminoácidos que es producido al añadir maíz a una dieta baja en proteína. Recientemente, Massieu *et al.*¹¹ informaron que la composición de los aminoácidos esenciales no es afectada por el tratamiento alcalino. Harper *et al.*⁴ demostraron definitivamente que los efectos benéficos del tratamiento alcalino del maíz, no podrían ser atribuidos a la corrección o prevención de un desbalance de aminoácidos, sino sólo a la liberación de niacina de su estado combinado.

Wooley²⁶ y Borrow *et al.*²⁷ señalaron que el tratamiento del maíz con álcali, destruye un posible factor pelagrogéno presente en este cereal. Hasta la fecha, no ha habido informes posteriores de la presencia de este factor. Más bien se ha descrito la presencia de una sustancia que se combina con la niacina. Chaudhuri y Kodicek^{12, 28} estudiaron el efecto de un concentrado de "precursor" de niacina obtenido de salvado de maíz, que fue proporcionado a ratas en dosis diarias de 2.5 o 6 mg en una dieta deficiente en niacina. Ninguna respuesta en crecimiento fue obtenida. Sin embargo, cuando la preparación de "precursor" fue hidrolizada con una solución de 0.1 N de NaOH durante 10 minutos, las ratas mostraron excelentes ganancias de peso. Resultados similares fueron obtenidos cuando se prepararon concentrados de "precursores" de niacina de trigo, arroz y avena. Estos investigadores sugirieron que la molécula de niacina estaba ligada a una sustancia residual en el precursor, por medio de su grupo carboxílico, ya que la niacina libre y no su amina, fue liberada con el tratamiento alcalino.

Guha y Das²⁹ purificaron la forma combinada de la niacina de salvado de arroz indicando que cristaliza en forma de rosetas rectangulares brillantes, se descompone a 225°C y da un color azul fluorescente a la luz ultravioleta que cambia a verde amarillento al ser tratada con álcali. Estos autores llamaron a esta sustancia niacinógeno. Das y Guha³⁰ aislaron y caracterizaron el niacinógeno del maíz entero y salvados de arroz y trigo. Cuando estos niacinógenos fueron analizados por cromatografía en papel, se comportaron como sustancia única³¹ la cristalización repetida del niacinógeno dio el mismo tipo de cristales con la misma apariencia, composición y el mismo porcentaje de niacina. Estos resultados indican la homogeneidad del material cristalino.

La hidrólisis alcalina del niacinógeno proveniente de salvados de trigo y arroz, liberó aproximadamente 1% de su peso de niacina en cada caso. La composición de aminoácidos en los niacinógenos de trigo, arroz y maíz fue similar. Se encontró glucosa constituyendo parte de los niacinógenos. Probablemente como glucósido, la niacina se encontró ligada al niacinógeno mediante una ligadura estérica alcalilábil.³²

La presencia de niacinógeno en cereales, sugiere una función biológica de este compuesto en los granos de cereal; el niacinógeno es sintetizado en el transcurso de maduración del arroz, de su estado lechoso al duro. La niacinamina presente en el estado lechoso, es convertida casi cuantitativamente a niacinógeno. Durante la germinación hay un incremento en la cantidad de niacina libre y piridinucleótidos, aunado a una disminución del niacinógeno.³⁰

Gosh *et al.*³³ demostraron la presencia de una enzima hidrolítica en cereales en germi-

Cuadro 3 muestra la distribución de la niacina combinada en alimentos naturales.³¹ Los valores expresados indican que del 85 al 90% de la niacina de cereales se encuentra en forma combinada. Dos tipos de semilla de oleaginosas probados, mostraron alrededor de 40% de niacina combinada. Semillas de leguminosas, levadura, crustáceos, peces, tejidos animales y leche no mostraron niacina combinada.

Conclusiones

Evidencia experimental indica que la mayor parte de la niacina presente en granos de cereales existe en forma combinada y que no es disponible para la rata, cerdo, aves de corral y el hombre.

Aparentemente los cereales son los únicos alimentos de empleo relevante en nutrición con niacina combinada. El contenido en niacina de cereales debe ser ignorado por los nutricionistas cuando calculan las contribuciones de vitaminas aportadas por los alimentos en la formulación de dietas.

CUADRO 3

Distribución de niacina combinada (NC), ácido nicotínico (AN) y nicotinamida (NA) en alimentos naturales^a

ALIMENTO	NC	AN	NA
Arroz (<i>Oryza sativa</i>) Aman Var. Latisail	53.2	8.4	6.1
Arroz (<i>Oryza sativa</i>) Aus Var. Dular	37.6	9.1	4.7
Arroz (<i>Oryza sativa</i>) Boro Var. C.B.1.	29.7	6.2	2.8
Trigo (<i>Triticum sativum</i>) N.P. 798	47.6	3.8	4.2
Trigo (<i>Triticum sativum</i>) N.P. 826	51.5	4.5	5.2
Maíz (<i>Zea mays</i>) V.L. 52	34.5	1.7	2.1
Cebada (<i>Nordeum vulgare</i>)	50.4	10.2	5.1
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>)	18.6	2.8	0.8
Bajra (<i>Pennisetum typhoides</i>)	18.1	0.8	1.1
Chicharo (<i>Pisus sativum</i>)	..	14.2	3.5
Mung (<i>Phaseolus aureos</i>)	..	10.1	5.3
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>)	..	6.2	..
Cacahuete (<i>Arachis hypogea</i>)	74.9	89.3	10.1
Mostaza	22.1	42.3	8.1
Levadura activa seca	..	301.2	87.4
Cangrejo (<i>Cancer Sp.</i>)	..	9.8	15.0
Ostión (<i>Unio Sp.</i>)	..	8.3	2.3
Pescado (<i>Rohu Sp.</i>)	..	2.5	23.1
Cabra, músculo	..	5.5	38.6
Cabra, hígado	..	6.3	145.7
Cabra, sangre	..	1.2	11.6
Leche seca descremada	..	0.4	8.4

(a) Todos los valores están expresados como $\mu\text{g/g}$ de alimento (31).

nación que libera la niacina del niacinógeno. La niacina liberada en esta forma es utilizada posteriormente para la síntesis de NAD. El

El tratamiento de cereales con álcalis en una forma similar a la empleada en la preparación de la tortilla, no puede ser recomendado

en nutrición animal, ya que indudablemente sería más costoso que la adición de niacina sintética a la dieta.

La suplementación de productos de cereales con niacina debe ser considerada como una medida adecuada para prevenir la pelagra en algunas zonas, especialmente en aquellas en las que la pelagra es aún una enfermedad común.

Revisión de literatura

1. KODICEK, E. 1940. *Estimation of nicotinic acid in animal tissues, blood and certain foodstuffs*. I. Method. *Biochem. J.* 34: 712.
2. KODICEK, E. 1940. *Estimation of nicotinic acid in animal tissues, blood and certain foodstuffs*. II. Applications. *Biochem. J.* 34: 724.
3. CARPENTER, K. J., E. KODICEK and P. W. WILSON. 1960. *The availability of bound nicotinic acid to the rat*. 3. *The effect of boiling maize in water*. *Brit. J. Nutr.* 14: 25.
4. HARPER, A. E., B. D. PUNEKAR and C. A. ELVENHJEM. 1958. *Effect of alkali treatment on the availability of niacin and amino acids in maize*. *J. Nutr.* 66: 163.
5. KODICEK, E. 1960. *The availability of bound nicotinic acid to the rat*. 2. *The effect of treating maize and other materials with sodium hydroxide*. *Brit. J. Nutr.* 14: 13.
6. KODICEK, E. and P. W. WILSON. 1959. *The availability of bound nicotinic acid to the rat*. 1. *The effect of lime-water treatment of maize and subsequent baking into tortilla*. *Brit. J. Nutr.* 13: 418.
7. CHAUDHURI, D. K. and E. KODICEK. 1960. *The availability of bound nicotinic acid to the rat*. 4. *The effect of treating wheat, rice and barley brans and a purified preparation of bound nicotinic acid with sodium hydroxide*. *Brit. J. Nutr.* 14: 33.
8. CRAVIOTO, R. O., G. H. MASSIEU, O. Y. CRAVIOTO and F. DE M. FIGUEROA. 1952. *Effect of untreated corn and mexican tortilla upon the growth of rats on a niacin tryptophan deficient diet*. *Brit. J. Nutr.* 48: 453.
9. SQUIBB, R. L., J. E. BRAHAM, G. ARROYAVE and N. S. SCRIMSHAW. 1955. *Supplementation of low tryptophan-niacin diet with beans and lime-treated corn in rats*. *Fed. Proc.* 15: 451.
10. SQUIBB, R. L., J. E. BRAHAM, G. ARROYAVE and N. S. SCRIMSHAW. 1959. *A comparison of the effect of raw corn and tortillas (lime-treated corn) with niacin, tryptophan or beans on the growth and muscle niacin of rats*. *J. Nutr.* 67: 351.
11. MASSIEU, H., O. Y. CRAVIOTO, R. O. CRAVIOTO, J. G. GUZMÁN and M. DE L. SUÁREZ SOTO. 1956. *New data about the effect of corn and the tortilla on the growth of rats fed on diets low in tryptophan and niacin*. *Ciencia (México)*. 16: 24.
12. CHAUDHURI, D. K. and E. KODICEK. 1950. *The biological activity for the rat of a bound form of nicotinic acid present in bran*. *Biochem. J.* 47: XXXIV.
13. LAGUNA, J. and K. J. CARPENTER. 1951. *Raw versus processed corn in niacin deficient diets*. *J. Nutr.* 45: 21.
14. KODICEK, E., R. BRAUDE, S. K. KON and K. G. MITCHELL. 1956. *The effect of alkaline hydrolysis of maize on the availability of its nicotinic acid to the pig*. *Brit. J. Nutr.* 10: 51.
15. KODICEK, E., R. BRAUDE, S. K. KON and K. C. MITCHELL. 1959. *The availability to pigs of nicotinic acid in tortilla baked from maize treated with lime-water*. *Brit. J. Nutr.* 13: 363.
16. LUCE, W. G., E. R. PEO, JR. and B. D. HUDMAN. 1966. *Availability of niacin in wheat for swine*. *J. Nutr.* 88: 39.
17. LUCE, W. G., E. R. PEO, JR. and B. D. HUDMAN. 1967. *Availability of niacin in corn and milo for swine*. *J. Anim. Sci.* 17: 76.
18. HEUSER, G. F. and M. L. SCOTT. 1953. *Studies in duck nutrition*. 5. *Bowed legs in ducks, a nutritional disorder*. *Poul. Sci.* 32: 137.
19. MANOUSKAS, A. G. 1967. *The availability of niacin in certain feedstuffs for the hen*. *Diss. Abs. (b)* 28: 2497.
20. SABY, Z. I. and R. I. TANNOUS. 1961. *Effect of parboiling of the thiamine, riboflavin and niacin contents of wheat*. *Cereal Chem.* 38: 536.
21. CLEGG, K. M. 1963. *Bound nicotinic acid in dietary wheaten products*. *Brit. J. Nutr.* 17: 325.
22. N.R.C. 1968. *Nutrient requirements for swine*. National Acad. Sci. Nat. Res. Council Publ. 1599. Washington, D. C.

23. BRESSANI, R., E. MARCUCCI, C. E. ROBLES and N. S. SCRIMSHAW. 1954. *Nutritive value of central american beans. I. Variations in the nitrogen, tryptophan and niacin content of ten guatemalan beans (Phaseolus vulgaris L.) and the retention of the niacin after cooking.* Food Res. 29: 263.
24. GOLDSMITH, G. A., J. GIBBENS, W. G. UNGLAUB and O. M. MILLER. 1956. *Studies of niacin requirement in man. III. Comparative effects of diets containing lime treated and untreated corn in the production of experimental pellagra.* Am. J. Clin. Nutr. 4: 151.
25. CRAVIOTO, R. O. 1945. *Nutritive value of the mexican tortilla.* Science. 102: 91.
26. WOOLEY, D. W. 1946. *The occurrence of a "Pellagrogenic" agent in corn.* J. Biol. Chem. 163: 773.
27. BORROW, A., L. FOWDEN, M. M. STODMAN, J. C. WATERLOW and R. A. WEBB. 1948. *A growth retarding factor in maize bran.* Lancet. 1: 752.
28. CHAUDHURI, D. K. and E. KODICEK. 1950. *Purification of a precursor of nicotinic acid from wheat bran.* Nature. 165: 1022.
29. GUHA, B. C. and M. L. DAS. 1957. *Isolation of the bound form of nicotinic acid.* Nature. 180: 1285.
30. DAS, M. L. and B. C. GUHA. 1960. *Isolation and chemical characterization of bound niacin (niacinogen) in cereal grains.* J. Biol. Chem. 235: 2971.
31. GHOSH, H. P., P. K. SARKAR and B. C. GUHA. 1963. *Distribution of the bound form of nicotinic acid in natural materials.* J. Nutr. 79: 431.
32. KODICEK, E. and K. K. REDDL. 1951. *Paper chromatography of nicotinic acid derivatives.* Nature. 168: 475.
33. GHOSH, H. P., P. K. SARKAR and B. C. GUHA. 1963. *Niacinogen hydrolysing enzyme in extracts from rice seedlings.* Nature. 198: 484.
34. BRESSANI, R., R. GÓMEZ-BRENES and N. S. SCRIMSHAW. 1961. *Effect of processing on distribution and in vitro availability of niacin of corn (Zea mays).* Food Technol. 15: 450.