

been calculated. In regard of the FAO provisional reference protein a 3/1 maize/soya mixture with a chemical score of 91 was estimated the optimum mixing ratio. The value and the fluctuation of this chemical score was evaluated. Restriction has been made to the conversion of the chemical score to the biological value if the soybeans are not adequately treated.

References

ALLISON, in: MUNRO, *Mammalian Protein Metabolism* (New York and London 1964). — BENDER, J. *Sci. Food Agric.* **7**, 305 (1954). — BENDER, *Clin. Chim. Acta* **5**, 1 (1960). — BLOCK and STEKOL, *Nutr. Abstr. Rev.* **16**, 249 (1946). — BRESSANI and ELIAS, *J. Food Sci.* **31**, 626 (1966). — DEAN, Medical Research Council - Spec. Rep. Series no. 279. H.M. Stationery off. (London 1953). — DEAN, in: ALTSCHUL, *Processed Plant Protein Foodstuffs* (New York and London 1958). — FAO, *Protein Requirements* FAO Nutr. Stud. no. 16 (Rome 1957). — HENDERICKX, *Z. Ernährungswiss.* **3**, 158 (1963). — HOWE, GILFILLAN, and ALLISON *J. Nutr.* **70**, 385 (1960). — JACQUOT, in: *Nutrition et Alimentation Tropicales* FAO Rapport no. 20 (Rome 1957). — JARQUIN, NORIEGA, and BRESSANI, mentioned by BRESSANI and ELIAS (1966). — SWENDSEID, WATTS, HARRIS, and TUTTLE, *J. Nutr.* **75**, 295 (1961). — SWENDSEID, HARRIS and TUTTLE, *J. Nutr.* **77**, 391 (1962). — SOUCL, FACHMANN, and KRAUT, *Die Zusammensetzung der Lebensmittel* (Stuttgart 1962). — WAUTERS, *Esquises d'une campagne de soya au Kasaï* (1961). Personal report to Mgr. BAKOLE.

Authors' addresses:

Prof. Dr. H. K. HENDERICKX,
Department of Nutrition, Faculty of Agricultural Sciences, 235 Coupure, Gent (Belgium) and
IR. G. VANNESTE,
BP 110, Tshibashi-Luluabourg (Congo)

De l'Institut de physiologie pathologique à Niš (Yougoslavie)
(Chef: Dr. Dimitrie Petrović)

Le facteur antipellagreu et le métabolisme énergétique

PAR SRETEN PAVLOVIĆ ET MIRJANA CANIĆ

Avec 8 tableaux

(Reçu p. p. le 9 février 1967)

Les observations de FRONTALI (1), BARIĆ et GELINEO (2), BOGIĆEVIĆ et JEVIĆ (3), ISAKOV (4), PETROVIĆ et JOVIĆ (5), et KRVAVICA et coll. (6) parlent en faveur d'une augmentation du métabolisme énergétique lors d'une carence du facteur antipellagreu (PPF). Par contre, RENATO (7) affirme que les quantités élevées du PPF stimulent la consommation de l'oxygène.

Afin d'élucider ce problème nous avons mesuré l'augmentation du poids ainsi que le bilans d'azote chez deux groupes de poussins, dont un groupe recevait de hautes doses du PPF.

Méthode

Les expériences furent effectuées sur 30 poussins des deux sexes hybride Wyandott-New Hampshire, qui au début étaient âgés de 5 à 6 jours. L'expérience a duré 60 jours.

Tab. 1. Le poids et l'augmentation du poids (g)

Groupe	Cage No.	Poids initial du poussin moyen	\bar{X}	t	p	Poids terminal du poussin moyen	\bar{X}	t	p	Augmentation du poids du poussin moyen	\bar{X}	t	p						
PPF	1	58,00	58,26	0,472	> 0,6	126,66	148,12	3,191	< 0,02	68,66	89,86	2,587	< 0,05						
	2	57,66				135,66				78,00									
	3	54,00				163,66				109,66									
	4	60,66				146,66				86,00									
	5	61,00				168,00				107,00									
Contrôles	6	55,66	59,53			155,83	180,83			100,00	121,26								
	7	57,66				185,66				128,00									
	8	60,00				162,33				102,33									
	9	58,33				207,00				148,67									
	10	66,00				193,33				127,33									

Des leurs naissance jusqu'au commencement de l'expérience, les poussins étaient nourris par le „Superconcentrat VZ 56“ (Institut vétérinaire de Zemun-Belgrade), dont la formule est:

farine de maïs	60%
grains du soya	14%
farine de blé	14%
farine d'os	1%

Pendant l'expérience 15 poussins étaient nourris de semoule du maïs mélangée avec de la farine d'os en proportion de 98,5 : 1,5. L'autre groupe de 15 poussins recevait en outre, 60 mg par poussin et par jour du PPF (environ 300 mg/kg), ajouté au mélange.

Tous les poussins étaient divisés en 10 cages dont chacune contenait 3 poussins.

Avant de donner la nourriture on mesurait la quantité nécessaire pour chaque cage pendant 7 jours. Les restes étaient soustraits à la quantité donnée, pour obtenir la quantité de la nourriture consommée pendant 7 jours.

Pendant toute la durée de l'épreuve on mesurait chaque jour le résidu sec des selles dans chaque cage. Les selles de 7 jours étaient collectées et conservées dans des pots hermétiquement fermés.

Le poids des animaux était mesuré tous les 7 jours avant l'alimentation.

La quantité d'azote dans le résidu sec de la nourriture et des selles était mesurée par la micromodification de la méthode de KJELDAHL proposée par KEYS (8) et MA et ZUAZAGA (9).

Tous les résultats étaient exprimés par cage.

Les différences étaient évaluées par le test de GOSSET (10).

Résultats

Le poids des poussins (tab. 1), au commencement de l'épreuve, est à peu près le même, ($t = 0,472$, $n = 10$, $p > 0,6$), mais il augmentait d'une façon inégale dans les deux groupes ($t = 3,191$, $n = 10$, $p < 0,02$). Le poids s'élevait plus

rapidement dans le groupe qui ne recevait pas de PPF. La différence de la vitesse de l'augmentation du poids est significative ($t = 2,587$, $n = 10$, $p < 0,05$).

La quantité du résidu sec de la nourriture ingérée (tab. 2) est plus grande dans le groupe sans le PPF. La différence est significative ($t = 4,64$, $n = 10$, $p < 0,001$).

Tab. 2. Consommation de nourriture (résidu sec) par poussin moyen pendant toute la durée de l'épreuve (g)

Groupe	Cage No.	Consommation de nourriture par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	599,64	666,66	4,64	< 0,001
	2	629,97			
	3	709,98			
	4	678,99			
	5	714,73			
	6	815,83			
Contrôles	7	850,63	812,71		
	8	731,96			
	9	859,15			
	10	805,98			

La quantité du résidu sec des selles éliminées (tab. 3) était aussi plus accentuée dans le groupe qui n'avait pas reçu de PPF. Mais cette différence n'est pas significative ($t = 1,574$, $n = 10$, $p > 0,1$).

Tab. 3. Quantité des selles (résidu sec) par poussin moyen pendant la durée de toute l'épreuve (g)

Groupe	Cage No.	Quantité des selles par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	152,66	183,39	1,574	$0,2 > p > 0,1$
	2	173,66			
	3	186,33			
	4	203,33			
	5	201,00			
	6	227,83			
Contrôles	7	188,66	206,25		
	8	198,00			
	9	180,10			
	10	236,66			

La quantité d'azote ingérée (tab. 4) est plus grande dans le groupe sans PPF. La différence est significative ($t = 5,477$, $n = 10$, $p < 0,001$).

Tab. 4. Quantité d'azote ingérée par poussin moyen pendant la durée de toute l'épreuve (mg).

Groupe	Cage No.	Quantité d'azote ingérée par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	10,407,64	11,239,5	5,447	< 0,001
	2	10,544,63			
	3	11,759,96			
	4	11,408,97			
	5	12,076,32			
	6	13,824,66			
	7	14,293,48			
Contrôles	8	12,158,30	13,659,6		
	9	14,578,64			
	10	13,442,98			

La quantité d'azote excrétée (tab. 5) est un peu plus grande dans le groupe sans PPF, mais la différence n'est pas significative ($t = 1,274$, $n = 10$, $p > 0,2$).

Tab. 5. Quantité d'azote excrétée par poussin moyen pendant la durée de toute l'épreuve (mg).

Groupe	Cage No.	Quantité d'azote excrétée par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	6,339,64	6,620,31	1,274	$0,3 > p > 0,2$
	2	5,923,64			
	3	6,909,64			
	4	6,477,63			
	5	7,450,98			
	6	6,103,81			
	7	8,054,81			
Contrôles	8	6,825,62	7,212,80		
	9	7,338,48			
	10	7,741,31			

La rétention d'azote en valeurs absolues, sans tenir compte du poids des poussins (tab. 6) est plus grande dans le groupe sans PPF; cette différence est significative ($t = 3,810$, $n = 10$, $p < 0,01$).

Tab. 6. Bilans d'azote par poussin moyen pendant la durée de toute l'épreuve (mg).

Groupe	Cage No.	Bilans d'azote par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	4,068,0	4,626,2	3,810	$p < 0,01$
	2	4,621,0			
	3	4,886,0			
	4	4,931,0			
	5	4,625,0			
	6	7,721,0			
	7	6,239,0			
Contrôles	8	5,333,0	6,447,0		
	9	7,240,0			
	10	5,702,0			

La quantité de résidu sec de nourriture, nécessaire à un gramme d'augmentation du poids (tab. 7) est plus grande dans le groupe qui recevait le PPF, mais cette différence n'est pas significative ($t = 1,218$, $n = 10$, $p > 0,2$).

Tab. 7. Consommation de nourriture (résidu sec) pendant la durée de toute l'épreuve par 1 g d'augmentation du poids et par poussin moyen (g).

Groupe	Cage No.	Consommation de nourriture par 1 g d'augmentation du poids et par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	8,73	7,56	1,218	$0,3 > p > 0,2$
	2	8,07			
	3	6,44			
	4	7,89			
	5	6,68			
	6	8,15			
	7	6,64			
Contrôles	8	7,15	6,80		
	9	5,78			
	10	6,32			

La quantité d'azote retenue par gramme d'augmentation du poids (tab. 8) est un peu plus grande dans le groupe sans PPF, mais cette différence n'est pas significative ($t = 0,223$, $n = 10$, $p > 0,8$).

Tab. 8. Quantité d'azote retenue pendant la durée de toute l'épreuve par 1 g d'augmentation du poids et par poussin moyen (mg).

Groupe	Cage No.	Azote retenu par 1 g d'augmentation du poids et par poussin moyen	\bar{X}	t	p
PPF	1	59,248	52,724	0,223	$0,9 > p > 0,8$
	2	59,243			
	3	44,558			
	4	57,345			
	5	43,227			
	6	77,208			
Contrôles	7	48,739	54,305		
	8	52,118			
	9	48,690			
	10	44,770			

Commentaire

En commençant ces études nous nous sommes attendus à ce qu'avec les doses massives du PPF on pourrait obtenir une accélération d'accroissement, une meilleure utilisation d'azote et une diminution de la dépense énergétique par unité d'augmentation du poids. Pourtant, les résultats étaient contraires.

Si l'on laisse de côté la possibilité que le groupe recevant le PPF était par hasard formé par les poussins dont le génotype est caractérisé par un accroissement ralenti, on doit poser deux questions :

1. Est-ce que les poussins en général peuvent utiliser le PPF provenant du maïs de telle façon que le groupe qui ne recevait le PPF ne souffre pas de sa déficience ?

2. Est-ce que les poussins, étant les herbivores, peuvent montrer les signes d'une déficience en protéines si la tryptophane de la nourriture est obligée de se transformer en amide d'acide nicotinique ? Cette hypothèse était présentée par KREHL et coll. (11) et par SALMON (12). La même donnée se trouve aussi chez KRVAVICA et coll. (6).

On sait que les poussins sont sensibles à la déficience du PPF et la nourriture ne contenant pas cette vitamine peut provoquer de graves altérations. Il est connu, d'ailleurs, que le maïs est un aliment inadéquat pour l'élevage des poussins.

Nos résultats peuvent être expliqués par trois possibilités :

La première est l'activation du métabolisme énergétique par le PPF due à l'accumulation des codéhydrogénases, le fait déjà rappelé par RENATO (7). Mais on est obligé de poser la question pourquoi le métabolisme de base devient plus haut chez les pellagres (1), (2), (3) et pourquoi l'augmentation du poids de ces enfants (5) et des animaux mis à un régime sans PPF (4), (6) diminuent. Ce phénomène peut être expliqué comme il suit :

En présence d'une carence en PPF la tryptophane se transforme en PPF pour le remplacer dans les processus vitaux. La déficience induite de la trypto-

phane provoque une rétention réduite d'azote, ainsi qu'une oxydation forcée des acides aminés avec une augmentation de la consommation d'oxygène.

Les quantités physiologiques du PPF conservent à la tryptophane son rôle primordial – le rôle dans la chaîne protéique d'où la normalisation du métabolisme d'azote et la diminution de la consommation d'oxygène (étant donné que la quantité des enzymes concernant les oxydo-réductions reste normale).

Mais si l'on dépasse les limites physiologiques, le PPF, qui ne peut plus agir par la tryptophane, donne naissance à une grande quantité de codéhydrogénases qui élèvent le taux des oxydations. L'accélération des oxydations produit une consommation plus intense de la nourriture par unité d'augmentation du poids. Ces processus stimulent aussi l'oxydation des acides aminés, d'où la rétention du nitrogène devient plus faible.

La deuxième explication est liée à la glande surrénale: il se peut aussi que la métabolisation accentuée s'effectue par la stimulation des glandes surrénales par le PPF [THANNHAUSER (13), TADŽER et MIJOVSKI (14), PETROVIĆ et STOŠIĆ (15)].

Enfin, la troisième explication peut être trouvée dans les constatations de Mme RANDOIN et de CAUSERET (16), (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23): au cours d'une hypervitaminose en PPF il se produit une carence secondaire en acide panthoténique, acide folique, riboflavine et pyridoxine, facteurs nutritionnels nécessaires pour l'utilisation des protéines.

Résumé

Chez 30 poussins, dont une moitié recevait le maïs, et l'autre moitié le maïs enrichi par le facteur antipellagreu (PPF) à hautes doses (300 mg/kg environ), on a étudié les bilans du poids et de l'azote. Les poussins recevant les hautes doses du PPF ont une rétention diminuée d'azote, une augmentation du poids ralentie et une consommation accentuée de nourriture par unité d'augmentation du poids.

Ce phénomène peut être expliqué par:

1. l'accélération du métabolisme énergétique;
2. la stimulation des glandes surrénales;
3. la carence secondaire en acide panthoténique, en acide folique, en riboflavine et en pyridoxine.

Références

1. FRONTALI, G., *Atti della Societa Medico-Chirurgica di Padova* **3**, 3 (1938). — 2. BARIĆ, I. et S. DJELINEO, *Comm. pers.* (1964). — 3. BOGRIČEVIĆ, J. et S. JEFTIĆ, *Comm. pers.* (1960). — 4. ISAKOV, D., *Krmiva* **14**, 97 (1962). — 5. PETROVIĆ, D. et V. JOVIĆ, *Hrana i ishrana* **12**, 654 (1963). — 6. KRVAVICA, S., A. RAKO, V. STANKOVIĆ et A. RUŽA, *Veterinarski arhiv* **29**, 237 (1959). — 7. RENATO, P., *La Clinica pediatrica* **4**, 1 (1948). — 8. KEYS, A., *J. Biol. Chem.* **132**, 181 (1940). — 9. MA, S. and G. ZUAZAGA, *Ind. Eng. Chem.* **14**, 280 (1942). — 10. GOSSET, W., cit.: VRANIĆ, V., *Vjerovatnost i statistika*, 237 (Zagreb 1958). — 11. KREHL, W. A., J. L. TEPLY, S. P. SARMA, and A. C. ELVEHJEM, *Science* **101**, 489 (1945). — 12. SALMON, D. W., *Arch. Biochem. Biophys.* **51**, 30 (1945). — 13. THANNHAUSER, S. J., *Munch. Med. Wschr.* **291**, 80 (1933). — 14. TADŽER, I. et D. MIJOVSKI, *Srpski arhiv* **80**, 713 (1952). — 15. PETROVIĆ, D. et Lj. STOŠIĆ, *Higijena* **7**, 373 (1956). — 16. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, *Compt. rend. Soc. Biol.* **140**, 493 (1946). — 17. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, *Compt. rend. Acad. Sc.* **227**, 367 (1948). — 18. RANDOIN, L. et J.

CAUSERET, Compt. rend. Acad. Sc. **227**, 399 (1948). — 19. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, Compt. rend. Acad. Sc. **227**, 486 (1948). — 20. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, J. physiol. (Paris) **41**, 259 A (1949). — 21. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, Compt. rend. Acad. Sc. **228**, 504 (1949). — 22. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, Compt. rend. Acad. Sc. **229**, 855 (1949). — 23. RANDOIN, L. et J. CAUSERET, Compt. rend. Acad. Sc. **231**, 369 (1950).

Adresse des auteurs:

Dr. SRETEN PAVLOVIĆ et Dr. MIRJANA CANIĆ,
Institut de physiologie pathologique à Niš (Yougoslavie)

*Aus dem Institut für Ernährung in Potsdam-Rehbrücke (Direktor: Prof. Dr. H. Haenel)
der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*

Über eine Thiaminpyrophosphokinase im Pankreassaft der Ratte

Von E. SANDNER und B. GASSMANN

Mit 6 Abbildungen

(Eingegangen am 3. März 1967)

Entgegen der auf Untersuchungen von STOCKHOLM, ALTHAUSEN und BORSON (17) beruhenden allgemeinen Auffassung hat sich in vorangegangenen Versuchen gezeigt, daß bei Ratten mit der Nahrung aufgenommenes Thiamin nicht nur in der Darmwand, sondern auch im Darmlumen phosphoryliert wird (10). Durch Unterbinden des Gallen- und Pankreasganges wird die Thiaminresorption gehemmt. Gleichzeitig ist die Thiaminphosphorylierung im Darminhalt herabgesetzt. Ursache dafür ist die Ausschaltung einer im Pankreassaft enthaltenen Thiaminpyrophosphokinase, die in Inkubationsversuchen mit isolierten Dünndarmschleifen durch die Zunahme des TPP-Gehalts im Darminhalt nach Zusatz von Pankreassaft, Mg^{++} und ATP nachgewiesen worden ist (10). Es war Ziel der vorliegenden Arbeit, sie zu charakterisieren.

Methodik

Zur Pankreassaftgewinnung unterbinden wir bei ausgewachsenen Albinoratten vom Wistar-Typ (Zucht „Rehbrücke“) nach Laparotomie unmittelbar hinter der Leber den Gallengang, binden in den Pankreasgang einen Polyäthylenschlauch (1,2 mm \varnothing) ein und führen ihn durch die wieder geschlossene Bauchdecke nach außen. Die Tiere werden anschließend in einem engen Drahtkäfig gehalten, in dem sie sich zwar nicht bewegen können, aber freien Zugang zum gewohnten Zuchtfutter haben. Die ersten 3–5 ml der austretenden Pankreasflüssigkeit werden verworfen. Der dann aufgefangene wasserklare Saft wird zu Inkubationsversuchen verwendet, bei denen in der Regel eine 6 mg N entsprechende Menge zum Ansatz kommt.

Das Endvolumen der Ansätze beträgt stets 10 ml, die Inkubationszeit 60 min. Jedem Ansatz werden gleichbleibend $5 \cdot 10^{-8}$ Mol ^{35}S -TBr-HBr (600 μCi)/l zugegeben. Lediglich zur Bestimmung der Michaelis-Konstanten werden zunehmende Mengen (10^{-6} – 10^{-3} Mol/l) angesetzt. Die pro Ansatz beigefügten ATP- (2 – $12 \cdot 10^{-4}$ Mol/l) und Mg^{++} -Mengen ($MgCl_2$;

Abkürzungen: ATP Adenosintriphosphat; T Thiamin; TBr-HBr Thiaminbromid-Hydrobromid; TPP Thiaminpyrophosphat; TCl-HCl Thiaminchlorid-Hydrochlorid.