

Els pinsos industrials: seguretat o risc? (2a part)

Segona part de la conferència pronunciada el 14 de desembre de 2005 en la jornada sobre «Ciència i tecnologia dels aliments al començament del segle XXI», organitzada per l'ACCA i celebrada a l'IEC, a Barcelona. La primera part es publicà al número 11 d'aquesta revista.

RESUM: *El concepte de additiu alimentari ha evolucionat fins a incloure suplementos nutricionals en la formulació dels pinsos, també anomenats ingredients funcionals, per millorar no solament la producció animal, sinó també la salut dels consumidors de carn, ous, llet, etc. En l'article es fa referència a exemples de substàncies i la seva funcionalitat.*

Per a la fabricació de pinsos és fonamental disposar d'una anàlisi completa de la composició química de les matèries primeres, per exemple dels aminoàcids en la proteïna, o dels àcids grassos en els greixos. Però a més a més cal conèixer la seva digestibilitat, i el valor nutricional real, etc. També cal assegurar l'absència de pesticides o medicaments, i de contaminacions biòtiques. Tota la informació analítica és cara i imprescindible per aplicar els programes informàtics per a la formulació dels pinsos, segons l'efecte que es pretengui provocar sobre l'animal.

També cal tenir en compte la mida de les partícules, la duresa i durabilitat dels granulats, el color i l'olor, no solament atenent a les característiques dels animals sinó també les opinions del ramaders. També aquí se'n donen exemples concrets.

Es fa palesa la complexitat de la fabricació de pinsos, que actualment està sotmesa a un control molt rigorós per garantir la seguretat dels humans, i que no es mereix la pressió multimèdia que té, normalment sense cap fonament seriós.

SUMMARY: *The concept of food additive has expanded up to include nutritional supplements in the formulation of animal feed, also named functional ingredients, in order to improve not only animal production, but also health of consumers of meat, eggs, milk or other food. Examples of these substances and their functionality are mentioned in the present paper.*

The availability of full analysis of chemical composition of raw materials is essential for the manufacturing of animal feed, such as the content of amino acids in proteins, or fatty acids in fats. Besides, it is necessary to assess its digestibility, the actual nutritional value, etc. Ensuring the absence of pesticides and drugs, as well as biotic contaminations is also required. All these analytical data are expensive and mandatory to use the specific software for

Particle size, hardness and durability of granulation, colour and flavour must be assessed as well, because of both animal features and farmers' opinion. Specific examples are mentioned.

The complexity of the manufacturing processes of animal feed, which nowadays is subjected to a strict control to assure humans safety, is evidenced. Thus, mass media challenges, often without proper substantiation, are putting an unfair pressure on this key activity.

FRANCESC PUCHAL MAS
Facultat de Veterinària,
Universitat Autònoma de Barcelona

Malgrat el retrocés que va suposar la prohibició de la majoria d'additius alimentaris, utilitzats al llarg dels darrers cinquanta anys, i que en el seu moment varen contribuir significativament al que es va conèixer com la *revolució dels pinsos industrials*, el progrés en els coneixements de la ciència en la nutrició animal ha seguit imparable. La disponibilitat d'aquests additius va fer possible el notable increment de la producció d'aliments d'origen animal, de manera semblant a com l'aparició dels adobs fertilitzants, insecticides i altres productes fitosanitaris feren possible el que també es conegué com la *revolució verda*, durant el segle XIX, i que varen permetre el significatiu increment de la producció d'aliments vegetals, contrarestant les prediccions catastrofistes de Malthus (1766-1834), fetes públiques a finals del segle XVIII. El progrés en nutrició animal ha seguit endavant, estimulat per les prohibicions dels additius emprats durant els darrers cinquanta anys i la recerca de substàncies que puguin substituir-los, treballs que han tingut com a resultat l'aparició dels nous additius o suplementes alimentaris: enzims, àcids orgànics, productes fitosanitaris que la farmacognòsia ens ha proporcionat, substàncies de tipus pro i prebiòtic, és a dir, productes de tipus microbià o bé formats per oligosacàrids de reconeguda funció intestinal, estimulants i protectora de les estructures intestinals responsables de l'absorció intestinal i la població microbiana.

El concepte actual de *additiu alimentari per a pinsos* s'ha obert a incloure noves substàncies, moltes majoritàriament nutricionals per si mateixes, que han aparegut gràcies a la necessitat de produir uns aliments d'origen animal per a consum humà de la màxima qualitat, tant organolèptica com nutricional, tot respectant l'actual legislació. D'aquí la definició i classificació legislativa dels actuals additius alimentaris en suplementes nutricionals (aminoàcids sintètics, vitamines,

microminerals, etc.), tecnològics (antioxidants, aglomerants, pigmentants, etc.), fisiològics (enzims, acidificants, etc.) i antimicrobians.

Deixant de banda els additius nutricionals, que no requereixen gaires explicacions, sí que voldria apuntar quelcom sobre els additius tecnològics i fisiològics, molts d'ells existents inclús abans de l'aparició dels additius estimulants del creixement (antibiòtics, etc.). Nascuts de la necessitat de produir un pinso al més perfectament adequat a les necessitats dels animals: un pinso granulat que no es desfaci (aglomerants), i que no s'oxidi (antioxidants) per la presència de greixos, tot sovint insaturats, que sigui resistent a la invasió per fongs i llevats perillosos (antifúngics, antimicotoxines, etc.). Entre els fisiològics destaquem, com a exemple, la incorporació de pigments naturals per donar al rovell de l'ou i a la pell dels pollastres el to ataronjat que el consumidor desitja (pigments xantofil·lics naturals, com luteïna, capsantina, etc.), enzims que permetin una bona digestió i aprofitament d'algun dels components proteics i particularment carbohidrats dels aliments disponibles (glucans, xilans, galactòsids, etc.), acidificants que ajudin en la regularització del pH gàstric en els animals lactants deslletats tot sovint en plena lactació natural (més o menys com succeeix en els infants), etc., etc.

I què no dir de les recerques nutricionals més recents, que han permès arribar a conèixer funcions fins ara desconegudes per a una bona part dels nutrients essencials que ja coneixíem, com per exemple, la importància econòmica de determinats àcids grassos, com per exemple de l'àcid linoleic per incrementar la grandària de l'ou de les gallines de posta, o de la metionina i aminoàcids sofrats per evitar els problemes de fetge gras en ponedores o bé per garantir una bona capa de pèl en els animals, en els quals és bo que tinguin un pèl bonic i abundant (amb aminoàcids sofrats) i que a més estigui ben sa i brillant (amb àcid linolènic), i la importància del

b-carotè com a estimulant de la proliferació en femelles mamíferes (vaques, truges, conilles, etc.), conceptes que actualment han derivat cap al concepte d'aliment funcional, com és el cas dels àcids omega-3 (linolènic, DHA, EPA etc.), i que avui sabem que en el cos animal es dipositen principalment en el greix intercel·lular de determinats teixits, com és el cas, realment important, del teixit muscular del pit del pollastre, que desvia així part del greix abdominal cap a la carn del pit, fent-la menys estelosa i més tendra i més semblant al múscle de la cuixa, a la vegada que disminueix els dipòsits de greix corporal, que tot sovint devaluen el total de la canal animal, etc.

I encara més importants que els efectes econòmics de moltes d'aquestes substàncies, destaquem els seus aspectes sanitaris i profilàctics, per a l'home consumidor dels seus productes, com són els coneguts efectes milloradors de les diferents patologies cardiovasculars amb els àcids omega-3, o els efectes immunoestimulants del CLA (àcid linoleic o linolènic conjugat), o el demostrat efecte protector i en certa mesura preventiu de l'aparició d'alteracions oculars dels pigments carotenoides (luteïna, zeaxantines, etc.) que podem trobar en el rovell d'un ou o un pollastre groc pigmentat amb pigments naturals, etc.

MATÈRIES PRIMERES, CONTROL ANALÍTIC I TECNOLOGIA DE PRODUCCIÓ

I passem ara als ingredients o matèries primeres amb què es fan els pinsos. La llista és molt llarga i poc escaient per a una conferència com aquesta, però diem senzillament que inclou fonamentalment els grans i cereals més importants (blat de moro, blat, ordi, etc.), els productes vegetals oleaginosos com a fonts de proteïna (farines de soja, gira-sol, cotó, etc.), tant els productes resultants de l'extracció dels seus olis —tortós— com els productes integrals, amb l'oli inclòs), greixos i olis (mantega de porc, sèu de boví,

El concepte actual de *additiu alimentari per a pinsos* s'ha obert a incloure noves substàncies, moltes de les quals són majoritàriament nutricionals

olis de soja, gira-sol, etc.), a més naturalment de les fonts minerals més conegudes: fosfats de calci de diverses fonts i orígens, sal marina o de mina, carbonats càlcics, etc., més naturalment els complements o suplementos vitamínics i micromineral.

En arribar a aquest punt voldria remarcar la importància i la profunditat de les anàlisis a què són sotmesos els ingredients abans d'emprar-los en la formulació, com la fase més important, costosa i determinant de la qualitat del pinso. Totes les matèries que arriben a fàbrica són sistemàticament analitzades, abans de ser utilitzades, comprovant els seu contingut en els nutrients més importants de què són portadores: proteïnes i aminoàcids (totals i digestibles segons el cas), greix total i components lipídics, minerals, fonamentalment Ca, P, Na, K, Cl, Mg, i si l'anàlisi proximal no garanteix i defineix el tipus i la qualitat de l'ingredient rebut, de tal manera que permeti estimar el contingut calòric del producte, aquest és sotmès a una anàlisi calorimètrica, mitjançant la bomba calorimètrica, per conèixer-ne el contingut calòric, expressat en calories brutes, que posteriorment, seguint equacions prou conegudes i comprovades en cambres calorimètriques per les diferents espècies, tal com ja hem descrit, es defineix en les seves vessants adients a l'espècie a què ha d'anar destinat l'aliment (digestible, metabolitzable, neta, etc.).

Cal destacar el fet important que totes les matèries amb continguts significants de compostos lipídics (sèus, mantega, olis vegetals, farines

integrals d'oleaginoses, etc.) són rutinàriament sotmesos a controls d'estabilitat i d'oxidació. La determinació dels índexs de peròxids o TBA és rutinària, per arribar a conèixer la seva estabilitat i poder alertar sobre el perill de possible degradació oxidativa a la recepció i posterior emmagatzematge. A més de la seva anàlisi rutinària inicial, contemplada des del punt de vista de l'oxidació i l'estabilitat, els olis i greixos són analitzats cromatogràficament per definir amb la màxima exactitud la seva composició en àcids grassos, molt en particular els àcids grassos de cadena llarga i poliinsaturats, ja que la proporció d'aquests àcids grassos és tinguda en compte en formular, de la mateixa manera que es tenen en compte els aminoàcids dietètics i pràcticament totes les fórmules contenen valors mínims i/o màxims de determinats àcids grassos, com per exemple els insaturats (mono i poliinsaturats) i saturats de cadena llarga i les ràtios entre ells per evitar, entre altres coses, els casos d'engreixament excessiu amb àcids insaturats, que dona lloc en determinades espècies —aviram i porcs— a la presentació de canals olioses, com és el cas del pollastre oliós, etc.

A més de l'anàlisi química proximal, pràcticament totes les matèries primeres susceptibles són analitzades pel seu contingut o contaminació microbiològica, fúngica (fongs i llevadures), micotoxines i tot sovint, segons el risc a causa del tipus d'aliment o per la seva procedència, s'analitza la possible presència de residus d'insecticides, fungicides, etc., que poden haver estat utilitzats

per a la conservació dels diversos ingredients, tant durant la seva producció al camp com durant la seva posterior conservació en magatzems d'estocatge.

Fins que no es tenen totes les anàlisis adients, els ingredients no són emprats directament, sinó emmagatzemats en sitges de gran capacitat, molt sovint després d'afegir-hi els antioxidants o fungicides, generalment de tipus natural, per evitar el seu possible deteriorament durant els dies de conservació previs al seu ús industrial.

Estic segur que tots els lectors familiaritzats amb l'anàlisi química faran càrrec de la càrrega laboral i del cost que representa tota aquesta sèrie d'anàlisis i més tenint en compte que la producció de pinsos pot arribar a ser de centenars de tones diàries, i la necessitat creixent de la indústria de pinsos de disposar de laboratoris d'anàlisis químiques cada vegada més i més costosament equipats.

Una vegada homologada la matèria primera, i analitzada la seva composició, aquesta darrera, és a dir, la seva anàlisi completa és introduïda a l'ordinador perquè pugui estar disponible per a la formulació i fabricació dels pinsos. La seva presència en formulació dependrà en primer lloc del seu preu i valor nutricional (definit per les anàlisis realitzades), per a l'espècie a què va destinat el pinso i en funció d'aquest últim fet, serà molt amb una granulometria diferent, molt o poc finament (entre 1 i 5 o més mil·límetres de diàmetre), ja que la mida de la partícula afectarà molt significativament la productivitat dels animals que mengin aquell pinso. Com a exemple, assenyalem que el mateix pinso, és a dir, la mateixa fórmula, si ha de ser destinat al consum per vaques de llet, convé que sigui groller, és a dir, de partícules grosses, mentre que si va destinat a vedells de producció de carn, convé que estigui finament molt, ja que les espècies microbianes del rumen d'aquests animals, responsables de la predigestió i síntesi de nous nutrients (aminoàcids, àcids grassos de cade-

na curta, vitamines, etc.) poden variar, i sabem, a tall d'exemple, que les espècies que produeixen més àcid butíric (precursor de la producció de llet), creixen més bé sobre partícules llargues, i que les que produeixen més proporció de propiònic (precursor del creixement muscular), s'adhereixen i creixen més bé sobre partícules fines d'aliments, tot i estar en el mateix aliment. D'aquí la importància d'adaptar la granulometria del pinso a l'espècie animal i al tipus de producció.

Una vegada formulat i produït el pinso, en la majoria dels casos, aquest pinso passa per diferents processos tecnològics que finalitzaran la seva presentació: processos d'extrusió i granulació. En el primer dels casos, l'extrusió, el pinso és sotmès a un procés de pressió i temperatura, per passar tot seguit a una fase d'expansió sobtada, amb la qual cosa es produeix la ruptura de membranes vegetals, i pressuposa un principi d'hidròlisi o predigestió. Tant si és extrusionat com no, una vegada més en dependència de l'espècie animal a què va destinat (per exemple els pinsos per a animals de companyia acostumen a ser preferiblement extrusionats i posteriorment granulats de formes diverses i capritxoses —estrellades, boletes, figures diverses— per plaure òbviament el propietari de l'animal més que no pas l'animal mateix), el pinso sol ser majoritàriament granulats, és a dir, comprimit en forma de petits grànuls, d'unes mides concretes (que poden oscil·lar entre 1 i 5 mm de diàmetre, si bé en determinats casos poden superar el centímetre de gruix), ja que una vegada més, cada espècie animal prefereix menjar partícules d'un mida determinada (petita per a animals joves, més gran per a animals de certa mida, etc.). Per tant, el pinso, un cop formulat i barrejat, és a dir, produït, passa per una granoladora que, gràcies a l'acció del vapor d'aigua i temperatura, és granulats.

Però no n'hi ha prou amb això, el grànul de pinso que acabem de descriure ha de tenir dues condicions més, una duresa i una durabilitat de-

La mida de la partícula del pinso afectarà molt significativament la productivitat dels animals que en mengin

terminades, que són dos conceptes diferents: *duresa* es refereix a la duresa del grànul, que sigui tou o dur, en la mesura que convingui, mentre que *durabilitat* fa referència al fet que no s'esmicoli fàcilment, amb el seu pas pels sacs, sitges, menjadors, etc.) i a més que agradi als animals, és a dir, que no sigui ni massa dur ni massa tou. I encara hi ha una característica més que cal tenir en compte: la flotabilitat, per als pinsos per a peixos. Segons els peixos a què van destinats, han de ser de tal densitat que surin a l'aigua (per als peixos d'alimentació de superfície) o bé que caiguin al fons (per als d'alimentació de fons).

Com a curiositat biològica que també cal tenir en compte, convé recordar que les aus, en el nostre cas els pollastres i les gallines, tenen a la part interior de la punta del bec unes cèl·lules o papil·les especials que valoren la duresa del gra que mengen. De fet, és prou curiós, ja que si bé mengen amb molt de gust un gra de blat o d'ordi, que són prou durs o inclús una petita pedra, per facilitar el seu procés de digestió natural, si els dones un grànul de pinso massa dur, el rebutgen, fins a l'extrem que els pinsos granulats per a pollastres han de tenir una duresa precalculada, de tal manera que el pollastre no el trobi ni massa dur ni massa tou, ja que en qualsevol dels dos casos, el seu consum disminueix significativament i també naturalment el seu creixement i la seva productivitat. Això implica disposar d'un pinso amb un grau de duresa no massa elevat, d'un 60-70 %, amb la resta en forma de farina.

En canvi, en altres espècies, com per exemple el porc i molt particularment el conill, les dureses han de

ser superiors al 90-95 %, ja que els animals trien els grànuls de pinso i rebutgen les partícules farinoses, amb la consegüent pèrdua de pinso, que no es consumeix, i que a més a més, amb el contacte amb la saliva i restes d'aigua de beguda, pot arribar a produir fongs que, amb les seves micotoxines, vénen a empitjorar el panorama.

I abans de deixar el tema de la tecnologia de fabricació recordem que tot sovint el productor de pinsos ha de cedir a les creences, tot sovint errònies, dels propietaris dels animals, que pressuposen que els seus animals tenen unes preferències determinades per determinades coses, i aquestes sí que són influïbles per eslògans publicitaris i manies particulars, com per exemple l'olor, el gust i el color del que mengen. Així, a tall d'exemple, diguem que els pinsos per a gallines i pollastres de pell groga ha de ser groc, blanc per als pollastres de pell blanca, i no cal que faci cap olor ni tingui cap gust en particular —les aus tenen molt poques papil·les olfactivas i gustatives—, ha de ser verd per als conills (per fer-los creure que mengen herba i amb olors i sabors de determinades herbes —fari-gola, romaní, etc.), blanc-groguet i més aviat dolç per als garrins i vedells (per fer-los creure que mengen llet i amb bon gust i bones olors de vainilla i de llet— molts productors tasten els pinsos ells mateixos per prejutjar si els seus animals s'ho menjaran o no!), vermellós per als gossos (perquè es creguin que mengen carn), blancs per als xais i ovelles, etc. Cal matisar que mentre que a les aus tant els fa l'olor del pinso —aparentment—, altres espècies, com ara conills, porcs, vaques,

Una de les servituds del nutricionista és aconseguir que els pinsos, a més de ser bons i ben equilibrats, ho semblin, sobretot als ulls dels ramaders!

gossos i gats, tenen una capacitat olfactiva molt desenvolupada, molt més que l'espècie humana, i és en aquestes espècies on els additius edulcorants i aromatitzants tenen un paper prou important en la fabricació de pinsos. Els arguments dels nutricionistes per explicar als ramaders que l'espècie humana es menja amb tant de gust uns sipionets amb la seva tinta, ben negres, com una paella ben groga, com un plat d'arròs bullit, ben blanc, sense que això li suposi cap trauma dietètic, no sol tenir massa èxit i, en conseqüència, una de les servituds del nutricionista és aconseguir que els pinsos, a més de ser bons i ben equilibrats, ho semblin, sobretot als ulls dels ramaders!



Parc Temàtic de l'Oli a les Borges Blanques.

PENSAMENTS FINALS

És evident, després de tot el descrit, que el procés tecnològic necessari per a la formulació i producció d'un pinso industrial no és senzill. Els coneixements necessaris, tant nutricionals, com bioquímics, microbiològics, sanitaris, zootècnics, inclús anatòmics i etològics de les diferents espècies animals, que són necessaris per arribar a formular i produir un pinso per a una qualsevol de les nostres espècies de producció, són de considerable complexitat.

Recordem, a més, que el jutge final de la bondat nutricional i qualitat tecnològica dels pinsos, una vegada franquejada la barrera psicològica del productor, són els animals que els consumeixen, animals certament no influïbles ni per publicitats, a vegades enganyoses, ni per modes del moment, com pot passar en determinats moments i circumstàncies amb l'alimentació humana.

És ben cert que de tant en tant es produeixen accidents lamentables en producció animal, malgrat el control escrupolós dels productors de pinsos, com han estat darrerament els casos de pollastres amb dioxines, o les incidències amb salmonel·losi atribuïdes al consum d'ous o pollastres en males condicions, o el tristament popular problema de les vaques boges, a tot Europa. Evidentment no se'ls pot restar importància, però si es mira amb neutralitat, s'haurà de reconèixer que l'escàndol social provocat, tot sovint no respon a la gravetat intrínseca del problema. Així,

per exemple, fa pocs mesos es va detectar el primer cas d'una víctima mortal a Espanya, atribuïble al mal de les vaques boges. En primer lloc cal recordar que abans que es conegués el mal de les vaques boges (encefalopatia espongiforme bovina) ja es coneixia la malaltia de Creutzfeldt-Jakob, variant humana de la mateixa, i que mai no ha estat gaire fàcil diferenciar les dues varietats. I tot i així, des del 1999, any en què es va diagnosticar el problema de les vaques boges, només hi ha hagut en tot Espanya un sol cas de mortalitat, i encara dubtós, tinent en compte que som gairebé 40 milions d'habitants i que ha transcorregut un període de cinc anys ben llargs.

Si no hagués estat per la implicació del pinso, eternament culpable de tots els mals, suposadament portador dels prions contagiosos i la rocambolesca expressió de *vaques boges* molt adient per provocar escàndol multimèdia, quina importància hauria tingut una malaltia amb una patogenicitat d'un sol cas cada quaranta milions de persones, en un període de cinc anys? Pensem en tantes i tantes altres causes de mortalitat, molt més importants i que són assumides per la població sense escàndols públics, com poden ser per exemple el tabac, l'automòbil, l'alcohol, els trens, fins els avions, tan acceptats com segurs, etc. i que en canvi els acceptem com el preu que hem de pagar pel progrés.

Malauradament aquesta sensació de manca de confiança envers els pinsos industrials és compartida per l'Administració de la Comunitat Europea i el seu cos legislatiu, el qual, mogut pels seus sentiments antipinso, legisla d'una manera estranya i òbviament tot sovint sense bases científiques prou serioses, fins a l'extrem que la normativa que legisla els pinsos i els seus components ha esdevingut molt més estricta i rigorosa que la legislació equivalent que controla l'alimentació humana, avui per avui molt més lliure de controls sanitaris que els pinsos industrials.

Són tot sovint comprensibles tant la frustració com els sentiments de desmoralització dels nutricionistes responsables de l'alimentació i nutrició animal, i en definitiva dels pinsos industrials quan, després de tots els esforços, controls i treballs esmentats, es llegeixen determinats comentaris als diaris i revistes en què s'embruta la naturalesa dels pinsos i es presenten com productes infectes, bruts i fabricats amb porqueries, responsables pràcticament d'enverinar la població i de ser la causa de gairebé tots els mals que afligeixen actualment les societats més desenvolupades, quan és ben cert que fou gràcies a la introducció dels pinsos industrials, evidentment junt amb altres factors, que avui no hàgim d'esperar que arribi Nadal per menjar un bon pollastre o gaudir d'un bon filet de carn i que mai no havia estat la població del món occidental (el més enverinat del món, segons els catastrofistes alimentaris), tan sana, alta i longeva com ara. Els espanyols som 10 cm més alts ara que fa cinquanta anys, i Catalunya, i de fet tot Espanya, amb gairebé vuitanta anys d'esperança de vida ocupa el segon lloc al món, segons estadístiques oficials, en longevitat, després dels japonesos.

BIBLIOGRAFIA

- ARMSBY, H. P.; FRIES, J. A. (1918). *J. Agr. Res.*, 15, p. 269.
- BOLTON, W. (1962). *Proc. XII World's Poultry Congress*, 2, p. 38.
- BOURNE, G. H.; KIDDER, G. W. (1953). *Biochemistry and Physiology of Nutrition*. Acad. Press.
- BRIGGS, G. M. Jr.; LUCKEY, T. D.; ELVEHJEM, C. A.; HART, E. B. (1943). *J. Biol. Chem.*, 148, p. 163.
- CARPENTER, K. J.; CLEGG, K. M. (1956). *J. Sci. Feed. Agricul.*, 7, p. 45.
- CASTELLÓ CARRERAS, S. (1914). *Compendio de avicultura*. Arenys de Mar: Granja Paraiso.
- CASTELLÓ CARRERAS, S. (1916). *Avicultura*. 1a part: *Zootecnia especial de las aves domésticas*. Arenys de Mar: Granja Paraiso.
- DEGROOTE, G. (1974). *Energy Requirements of Poultry*. Morris & Freeman Edit.
- DONALDSON, W. E.; COMBS, E.; ROMOSER, G. L.; SUPPLEE, W. C. (1957). *Poultry Sci.*, 36, p. 807.
- FLATT, W. P. (1988). «Feed Science». *World Animal Science* [Elsevier Science Publishers B.V.], 4, 1.
- FORBES, E. B.; SWIFT, R. W. (1944). *J. Nutr.*, 27, p. 453.
- FRAPS, G. S. (1946). *Texas Agricul. Expert. Sta. Bul.*, 678.
- GARRET, R. L.; YOUNG, R. J. (1975). *J. Nutr.*, 105, p. 827.
- GEORGIEVSKII, V. I.; ANNENKOV, B. N.; SAMOKHIN, V. T. (1982). *Mineral Nutrition of Animals*. Butterworths.
- HARRIS, L. J. (1953). «The History of Vitamins». *Biochemistry and Physiology of Nutrition*. Acad. Press.
- HAVENSTEIN, G. B.; FERKET, P. R.; SCHNEIDER, S. E.; LARSON, B. T. (1994). *Poultry Sci.*, 73, p. 1785.
- HEUSER, G. H. (1963). *La alimentación en avicultura*. Uteha.
- KEMMERER, A. R.; ELVEHJEM, C. A.; HART, E. B. (1931). *J. Biol. Chem.*, 92, p. 623.
- LILLIE, R. J.; SIZEMORE, J. R.; MILLIGAN, J. L.; BIRD, H. R. (1952). *Poultry Sci.*, 31, p. 1037.
- MACHLIN, L. J. (1984). *Handbook of Vitamins*. Nova York: M. Dekker Inc.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. (1979). *Animal Nutrition*. 7a ed. McGraw-Hill Book Co.
- MATEOS, G. G.; SELL, J. L. (1980). *J. Nutr.*, 110, p. 1894.
- MORRISON, F. B. (1957). *Feeds and Feeding*. 2a ed. Morrison Publ. Co.
- NAS (1980). *Mineral Tolerance of Domestic Animals*. Washington: Nat. Acad. Sci. Press.
- NEIMAN-SORENSEN, A.; TRIBE, D. E. (1988). «Feed Science». *World Animal Science* [Elsevier Science Publishers B.V.], B4.
- ORENT, E. R.; MCCOLLUM, E. V. (1931). *J. Biol. Chem.*, 92, p. 651.
- OSBORNE, T. B.; MENDEL, L. B. (1914). *J. Biol. Chem.*, 17, p. 325.
- PAYNE, C. G. (1967). *Physiology of the Domestic Fowl*. Edit. Horton-Smith, Oliver & Boyd, p. 235.
- PUCHAL, F. (1996). *Selecciones Avícolas (maig)*.
- RAND, N. T.; SCOTT, H. M.; KUMMEROW, F. A. (1958). *Poultry Sci.*, 37, p. 1075.
- READER, V. (1930). *Biochem. J.*, 24, p. 1827.
- RENNER, R.; HILL, F. W. (1961). *J. Nutr.*, 74, p. 254.
- SCOTT, M. L. (1969). *Nutrition of the Chicken*. M. L. Scott & Ass.
- SIBBALD, I. R. (1975). *Poultry Sci.*, 54, p. 1990.
- SIBBALD, I. R.; CZARNOCKI, J.; SLINGER, S. L.; ASHTON, G. C. (1963). *Poultry Sci.*, 42, p. 486.
- SMITH, A. J.; OLIVER, J. (1972). *Rhod. J. Agric. Res.*, 10, p. 3.
- STOKSTADT, E. L. R.; JUKES, T. H. (1950). *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 73, p. 523.
- TITUS, H. W. (1955). *The Scientific Feeding of Chickens*. 2a ed. Interstate Publ. Co.
- TERANISHI, R. (1978). *Agricultural and Food Chemistry: Past, Present, Future*. Avi Publ. Co.
- UNDERWOOD, E. J. (1981). *Los minerales en la nutrición del ganado*. Acribia.

La legislació que controla els pinsos i els seus components ha esdevingut molt més estricta i rigorosa que la legislació equivalent que controla l'alimentació humana