

COMPOSITION CHIMIQUE ET DIGESTIBILITE ILEALE DES ACIDES AMINES DES DRECHES DE BLE EUROPEENNES : QUELLE VARIABILITE ?

Cozannet Pierre^{1,2}, Gady Cécile³, Primot Yvan⁴, Métayer Jean-Paul², Lessire Michel⁵,
Le Tutour Loïc⁴, Geraert Pierre-André³, Skiba Fabien⁶, et Noblet Jean¹

¹ INRA, UMR1079 SENAH, 35590 Saint Gilles, France

² ARVALIS - Institut du végétal, 91720 Boigneville, France

³ ADISSEO France SAS, 42 Avenue Aristide Briand, 92160 Antony, France

⁴ AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S., 153, rue de Courcelles, 75817 Paris, France

⁵ INRA, UR83 Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly, France

⁶ ARVALIS - Institut du végétal, 21, chemin de Pau, 64121 Montardon, France

RESUME

L'essor des filières de production de bioéthanol s'accompagne d'un accroissement des volumes de drèches disponibles pour l'alimentation des volailles. Au niveau européen, ces drèches issues de la transformation du blé sont peu connues et utilisées. L'objectif de ce travail est de définir la composition, les propriétés physico-chimiques et la digestibilité iléale standardisée des acides aminés de 10 produits sélectionnés afin de disposer d'un échantillonnage représentatif de l'ensemble des situations pouvant être rencontrées.

Les résultats obtenus mettent en évidence différentes qualités de drèches qui sont fonction du procédé de fabrication utilisé. L'effet est particulièrement notable pour le contenu en lysine qui représente en moyenne 1,91% des matières azotées totales (MAT) et varie de 0,83 à 3,01% des MAT. Ces variations de la composition en acides aminés sont probablement le résultat de réactions de Maillard lors du processus de séchage des drèches. La digestibilité iléale standardisée de l'ensemble des acides aminés est globalement inférieure à celle des acides aminés du blé. Cet effet est particulièrement important pour la lysine dont la digestibilité moyenne est de 46% avec des valeurs variant de -4 à 71%. L'analyse des résultats selon la couleur des drèches (claire, intermédiaire, foncée) montre alors que tant la teneur en lysine des protéines (2,21%, 2,40% et 1,01%) que la digestibilité de la lysine (59%, 63% et 12%) sont d'autant plus faibles que la couleur est foncée et que le produit a subi un sur-chauffage. L'utilisation des propriétés colorimétriques peut alors constituer une méthode d'évaluation de la qualité des produits en permettant notamment de les hiérarchiser. Enfin, la digestibilité iléale de la lysine évolue avec la teneur en lysine totale (en % de la MAT) selon une relation de type quadratique ($R^2 = 0,94$).

ABSTRACT

Development of bio ethanol production is associated with an increased availability of dried distiller grains with solubles (DDGS) for poultry. Mainly produced from wheat in Europe, these DDGS are poorly known and not used. The objective of this study is to provide average physico-chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility of 10 samples collected over Europe and representative of all existing situations.

Results indicate differences in DDGS qualities depending on the production process. This effect was especially important for lysine representing 1.91% of crude protein (CP) with values ranging between 0.83 and 3.01%. Variations in amino acid content between samples are probably due to Maillard reactions occurring during the drying process. Standardized ileal amino acid digestibility was globally lower than tabulated values for wheat. The most important reduction and variation between samples concerned lysine whose average standardized ileal digestibility was 46% with values ranging between -4 and 71%. These changes were related to colour modifications with lysine content of crude protein of 1.01, 2.40 and 2.21 % and digestibility coefficient of lysine of 12, 63 and 59% for dark, intermediate and light products. This study suggests that colour score could be an interesting method for DDGS evaluation and quality classification. Finally, lysine standardized ileal digestibility varied with lysine content (% CP) according to a quadratic relationship ($R^2 = 0.94$).

INTRODUCTION

La production de bioéthanol en Europe est actuellement en plein essor et a été multipliée par 3,3 entre 2004 et 2007, passant de 528 à 1770 millions de litres (selon le site ebio "European Bioethanol Fuel Association"). Les volumes produits devraient continuer de croître pour atteindre les objectifs fixés par l'Union Européenne qui stipulent que 5,75% de biocarburants devront être incorporés dans les carburants d'ici 2010 (EurObserver, 2006). Cette production réalisée en Europe majoritairement à base de blé (36% de la production en 2006) génère un coproduit, la drêche ou Dried Distillers Grains with Solubles (DDGS). Ce coproduit dont la commercialisation représente 20 à 30% du chiffre d'affaire des entreprises et jusqu'à présent valorisé quasi exclusivement pour l'alimentation des ruminants, devient disponible pour l'alimentation des volailles. Cependant, le manque de connaissance des caractéristiques nutritionnelles et de la variabilité de composition de cette matière première restreint son emploi.

Afin d'anticiper l'arrivée de cette matière première sur le marché l'alimentation animale, l'objectif des travaux mis en place est de définir pour les drêches d'origine européenne, les valeurs moyennes de digestibilité iléale des acides aminés et leur variabilité et d'établir des équations de prédiction de ces valeurs à partir des mesures de composition et des propriétés physico chimiques du produit.

1. MATERIELS ET METHODES

Dix-neuf drêches ont été collectées dans les principaux sites de production européens pendant l'été 2007. Pour des raisons pratiques, seules 10 d'entre elles ont été étudiées de façon exhaustive avec des mesures réalisées pour estimer les valeurs énergétiques et protéiques chez plusieurs espèces animales dont le poulet et le coq (Cozannet et al., 2009). Cette sélection, réalisée à partir de l'étude des caractéristiques chimiques des drêches (teneurs en matières minérales, matières azotées totales, amidon et cellulose brute), a permis de disposer de 10 produits dont la variabilité des caractéristiques chimiques est représentative de l'ensemble des situations rencontrées en pratique. La digestibilité iléale des acides aminés chez le coq a pu être mesurée sur les 19 échantillons mais seuls les résultats obtenus sur les 10 échantillons mesurés dans plusieurs situations sont rapportés dans cette communication; les résultats sur les 9 autres échantillons ont été utilisés pour la validation des équations de prédiction.

1.1. Analyses de laboratoire

Les matières premières ont été analysées pour leur teneur en matières minérales (NF V18-101), matières azotées (NF V18-100), cellulose brute (NF V03-040), fibres Van Soest (NF V18-122) et amidon Ewers (méthode polarimétrique, directive 1999/79 CE). La couleur des drêches a été évaluée selon trois critères L, a et b correspondant aux mesures de la luminance, de l'indice de jaune et de rouge respectivement. Ces mesures ont été réalisées au moyen par colorimétrie au moyen d'un chromamètre Minolta CR410 avec un illuminant standard D65. Les résultats complets de ces analyses sont rapportés par Cozannet et al. (2009).

Le profil en acides aminés des drêches et des excréta a été déterminé selon la directive 98/64/CE (Norme NF EN ISO 13903). Les teneurs en acides aminés totaux sont mesurées après hydrolyse à reflux dans l'acide chlorhydrique (23h à 110°C) puis chromatographie à échange d'ions. Cette méthode ne permet pas le dosage des acides aminés soufrés, dégradés lors de l'hydrolyse acide, et pour lesquels une oxydation protectrice à l'acide performique, préalablement à l'hydrolyse, est nécessaire. Cette oxydation ne nuisant pas à la lecture du contenu du produit pour les autres acides aminés, à l'exception de la tyrosine et de la phénylalanine, permet d'obtenir des doubles des valeurs obtenues après hydrolyse seule.

1.2. Digestibilité iléale

L'essai de digestibilité iléale a été réalisé dans les installations expérimentales de l'entreprise Adisseo à Commeny (03). Pour cet essai, 10 aliments ont été préparés à partir d'amidon de maïs, de l'une des 10 drêches à tester et d'un complexe minéraux et vitamines (CMV) associés afin de constituer des mélanges iso protéiques (18% de matières azotées), soit une introduction de 53% de drêches dans les régimes en moyenne. Un régime complémentaire constitué uniquement d'amidon de maïs et de CMV a également été préparé afin de définir les pertes endogènes basales non spécifiques. Les 11 aliments (1 régime protéoprive et 10 régimes expérimentaux) ont été distribués à 60 coqs caectomisés conduits en groupe de 4 durant 3 périodes successives de 3 jours. La première période a été réservée aux mesures de l'endogène basal de l'ensemble des animaux et les 2 périodes suivantes ont permis les mesures de digestibilité iléale apparente des régimes expérimentaux. Chaque régime a été distribué, durant la même période de mesure, à 12 coqs caectomisés (3 groupes de 4 coqs) répartis en blocs. Au cours de ces périodes, les animaux, après une mise à jeun de 16 h, ont été gavés par voie humide avec 90 g de MS, en un unique repas, de l'un des régimes expérimentaux présentés sous

forme d'une pâtée (50% de matière sèche environ). Les excréta produits ont été collectés en totalité jusqu'à 48 heures après le gavage de façon individuelle et ont été pesés. Après lyophilisation, un pool des excréta produits par 4 coqs d'un même groupe est réalisé et broyé pour les analyses.

1.3. Calculs et analyses statistiques

Les digestibilités apparentes des acides aminés des régimes ont été calculées à partir des mesures sur les aliments et les excréta. Les digestibilités iléales standardisées ont également été calculées en prenant en compte, pour chaque groupe d'animaux, des pertes endogènes d'acides

. L'étude de l'effet de la composition du régime sur les coefficients de digestibilité iléale a été effectuée par une analyse de variance sur les données individuelles de digestibilité des régimes. Le modèle statistique utilisé prend en compte les effets du régime (9 degrés de liberté).

Des équations de prédiction ont par la suite été établies (régression multiple) à partir des valeurs mesurées sur les 10 échantillons en prenant en compte les mesures de composition et de qualité des produits. Ces équations ont ensuite été validées par la comparaison des valeurs prédites et mesurées selon le même protocole pour les 9 échantillons non sélectionnés dans un premier temps.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Composition

La procédure de sélection des 10 produits mise en place a permis de conserver le profil moyen de composition des 19 échantillons ainsi que la même variabilité. Les différentes valeurs mesurées sont inférieures aux valeurs indiquées dans les tables INRA-AFZ (Sauvant et al. 2002), sauf dans le cas des matières minérales. Une importante variabilité existe cependant entre produits, notamment pour l'amidon et la cellulose brute qui présentent les coefficients de variation (CV) les plus importants (respectivement 69,2 et 14,8%). La transformation de l'amidon au cours du processus de production d'éthanol laisse un faible pourcentage d'amidon résiduel au niveau des coproduits (Tableau 1). Parallèlement à cela, on constate une augmentation du contenu du produit en matières azotées (36,4% de la MS). Cette teneur varie peu au sein du panel d'échantillons (32,7 à 39,2% MS). La teneur en cellulose brute est également multipliée par 4 par rapport au blé (Sauvant et al., 2002).

Le profil en acides aminés (Tableau 1) est relativement similaire à celui du blé, les matières azotées du blé d'origine représentant en principe 95% de celles contenues dans les drêches, les 5%

restants étant d'origine microbienne (Ingledew, 1993). Cependant, des différences importantes existent au niveau du contenu en certains acides aminés essentiels tels la lysine et l'arginine dont la concentration en % des MAT est détériorée par rapport aux données présentées dans les tables pour le blé (Sauvant et al., 2002); de plus, cette concentration varie de façon importante d'un échantillon à l'autre (Tableau 1). Les teneurs les plus faibles tant en lysine qu'en arginine sont observées avec les produits les plus sombres.

L'évaluation du contenu en lysine s'est de plus révélée problématique dans le cas des produits les plus sombres (Tableau 1). La comparaison des valeurs obtenues après hydrolyse ou après oxydation puis hydrolyse montre de larges différences (20% environ) pour les produits sombres à faible teneur en lysine des MAT (<1,3%). De tels écarts jamais référencés à notre connaissance, ni pour les drêches, ni pour d'autres matières premières, pourraient être expliqués par une libération de lysine bloquée lors de l'introduction d'acide performique au cours du traitement de l'échantillon par oxydation. Ces observations réalisées pour les produits les plus sombres laissent penser à un effet lié au brunissement non enzymatique lors du séchage conduisant au blocage de la lysine sous forme de composés précoces de la réaction de Maillard qui sont très probablement indisponibles pour les animaux (Carpenter, 1960). L'évaluation la plus juste du contenu en lysine utilisable par l'animal semble donc être réalisée par hydrolyse seule. Par la suite, seules ces valeurs seront utilisées pour les calculs de digestibilité.

Les valeurs colorimétriques L, a, et b ont été mesurées et sont rapportées dans le Tableau 1. Ces mesures mettent en évidence une importante variabilité de la luminance puisque les valeurs vont de 43 à 63 avec une moyenne de 54. Ces valeurs apparaissent d'autre part corrélées aux teneurs en ADF et en lysine ($R = 0,91$ et $0,64$ respectivement). La dispersion des valeurs permet enfin d'isoler trois groupes de drêches selon le critère de luminance: couleur sombre ($43 < L < 50$), couleur moyenne ($52 < L < 56$) et couleur claire ($56 < L < 64$) (Tableau 1).

2.2. Digestibilité iléale

Les résultats de digestibilité iléale standardisée des acides aminés sont présentés dans le Tableau 2. Les drêches sont classées selon trois groupes définis à partir de la valeur de luminance. En relation avec les modifications du profil du produit en nutriments et les effets liés au mode de production, le coefficient de digestibilité iléale moyen des acides aminés des drêches est plus faible que les valeurs rapportées dans les tables pour le blé (75% vs 88%; Sauvant et al., 2002). Le coefficient de digestibilité moyen des acides aminés est également inférieur

aux valeurs rapportées par Gady (2006 ; 82%) pour 6 drêches de blé. La variabilité mise en évidence lors de notre essai est cependant supérieure à celle de cet auteur pour 6 échantillons (2006, 15 vs 3%). Nos résultats montrent que la digestibilité de la lysine est très inférieure aux valeurs de digestibilité mesurées pour les autres acides aminés; elle varie également dans des proportions très importantes d'un échantillon à l'autre (Tableau 2). La valeur moyenne de digestibilité iléale standardisée de cet acide aminé est de 46% avec des valeurs individuelles qui varient de -4 à 71% (écart type 26%). Cette valeur moyenne et cet écart type sont supérieurs aux valeurs rapportées par Gady (2006) sur 6 drêches de blé ($37 \pm 11\%$). Elle diffère des valeurs rapportées pour les drêches de maïs par Fastinger (2006) et Batal et Dale (2006) qui indiquent des valeurs moyennes de 66% chez le coq (valeurs des deux essais compilées). Cette différence entre drêches de maïs et drêches de blé confirme la difficulté d'extrapoler les conclusions émises pour les drêches de maïs aux drêches de blé. Observation confirmée par la mise en évidence d'une corrélation ($R = 0,64$, $P < 0,05$) moins importante entre la digestibilité de la lysine et la luminance (L), par rapport aux observations effectuées par Batal et Dale ($R = 0,73$). Pour notre étude, ce paramètre permet cependant d'isoler trois produits peu digestibles (Tableau 2). Nos travaux et les données extraites d'études antérieures indiquent, comme l'ont démontré Evans et Butts (1984), l'influence des conditions de séchage provoquant une réduction de la digestibilité de la lysine, mais également de l'ensemble des acides aminés rendus moins accessibles par la formation de complexes entre les protéines et les sucres réducteurs (fibres essentiellement). Des digestibilités iléales standardisées négatives sont même observées pour la lysine pour un des produits testés, correspondant à l'échantillon présentant la teneur en lysine des MAT la plus faible. Le contenu en lysine digestible est donc affecté à la fois par l'altération du contenu en lysine totale et la réduction de la digestibilité de la lysine.

Au vu de ces résultats, il semble donc impératif de définir des équations de prédiction de la digestibilité iléale standardisée de la lysine et du contenu en lysine digestible. Plusieurs critères de composition chimique peuvent être considérés pour cette prédiction. La meilleure variable permettant d'expliquer les variations de digestibilité iléale standardisée de la lysine (CUDlys) est la teneur en lysine totale (Lys en % de la MAT) sous forme d'une relation linéaire simple ou sous forme quadratique. Les équations obtenues prennent la forme suivante :

$$\begin{aligned} \text{CUDlys} &= 33 \text{ lys} \quad (R^2 = 0,88, \text{ETR} = 10\%) \quad n=10 \\ \text{CUDlys} &= -14 \text{ lys}^2 + 82 \text{ lys} - 56 \quad (R^2 = 0,94, \\ &\quad \text{ETR} = 7\%) \quad n=10 \end{aligned}$$

Le modèle quadratique permet de définir pour les 9 produits complémentaires non présentés ici des valeurs prédites que l'on peut comparer aux valeurs mesurées. La comparaison des moyennes obtenues 52 et 43%, pour les valeurs prédites et mesurées respectivement, met en évidence une erreur de prédiction importante. Cependant, si on enlève un produit pour lequel les valeurs prédite et mesurée diffèrent de 32 points, l'écart devient plus faible (52 vs 46%). Dans ce cas, la corrélation entre les valeurs prédites et mesurées est très élevée ($R = 0,95$).

CONCLUSION

Les drêches de blé apparaissent comme des produits originaux par rapport au blé, leurs caractéristiques sont fortement influencées par les procédés de fabrication. La maîtrise des étapes de séchage semble notamment très importante pour la maîtrise des réactions de Maillard qui peuvent avoir lieu lors de sur-chauffage et diminuent de façon importante la teneur en lysine et sa digestibilité. L'intensité de ces réactions peut cependant être évaluée par la mesure directe de la teneur en lysine totale ou par évaluation de la couleur brune dans le cas des produits fortement touchés. Il faut désormais affiner la prédiction par la mise en place de relations robustes entre les données de valeur nutritionnelle mesurées in-vivo et les mesures des caractéristiques physico-chimiques des produits. Dans cette optique, un important espoir est fondé sur l'emploi de la spectroscopie infra rouge dont le potentiel a déjà été démontré par Gady (2006)..

REFERENCES

- www.ebio.org
Etat des énergies renouvelables en Europe
EurObserv'er, 2006. www.energies-renouvelables.org
Batal A.B., Dale N.M., 2006. J. Appl. Poult. Res., 15, 89-93.
Carpenter K. J., 1960. Biochem., J., 77, 604.
Cozannet P., Métayer J.P., Gady C., Primot Y., Lessire M., Le Tutour L., Geraert P.A., Skiba F. Noblet J., 2009. 8^{èmes} Journ. Rech. Avi.
Evans R.J., Butts H.A., 1948. J. Biol. Chem., 175, 15-20.
Fastinger N.D., Latshaw J.D., Mahan D.C., 2006. Poult. Sci., 85, 1212-1216.
Gady C., Cozannet P., Mori A., Géraert P.A., Dalibard P., 2006. 7^{èmes} Journ. Rech. Avi. Pages ?
Ingledew W.M., 1993. In : Yeast Technology. Academic Press. New York, NY.
Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G., 2002. In : INRA Editions, Versailles, France.

Tableau 1 : Composition en acides aminés des drêches de blé

	Drêches (n=10)				Couleur ^a		
	Moyenne	Ecart Type	Mini	Maxi	Sombre (n=3)	Moyenne (n=3)	Clair (n=4)
Composition (% MS)							
Matières minérales	5,3	0,8	4,5	6,9	5,9	5,3	4,8
Amidon	4,5	2,6	2,5	10,1	3,1	3,8	6,2
Cellulose brute	8,3	1,7	6,2	11,4	10,0	8,2	7,1
ADL	6,4	4,2	2,8	14,5	12,0	4,8	3,5
Matières azotées totales	36,4	2,4	32,7	39,2	35,7	36,4	36,8
Mesures colorimétriques							
L (luminance)	54	6	43	63	46	54	60
a (indice de rouge)	6,2	1,2	4,4	7,3	5,3	6,2	7,0
b (indice de jaune)	13,4	4,6	5,3	19,0	8,0	13,6	17,4
Acides aminés non essentiels (% MAT)							
Total	55,7	1,6	53,1	57,7	54,3	55,4	57,0
Acides aminés essentiels (% MAT)							
Arginine	3,76	0,93	2,25	4,62	2,47	4,11	4,45
Histidine	1,95	0,19	1,66	2,18	1,71	1,99	2,11
Lysine ^b	1,91	0,74	0,83	3,01	1,01	2,40	2,21
Lysine ^c	1,94	0,59	1,12	2,89	1,26	2,35	2,14
Phénylalanine	4,44	0,15	4,22	4,65	4,31	4,47	4,52
Leucine	6,41	0,28	5,83	6,77	6,10	6,40	6,64
Isoleucine	3,42	0,09	3,28	3,54	3,31	3,47	3,47
Valine	4,22	0,12	3,97	4,39	4,09	4,27	4,28
Méthionine	1,43	0,07	1,31	1,53	1,36	1,43	1,47
Thréonine	2,95	0,15	2,68	3,14	2,77	3,02	3,02
Tryptophane	1,05	0,12	0,85	1,21	0,91	1,07	1,14
Total	33,47	3,09	29,09	37,03	29,30	34,99	34,45

^a Classification selon le critère de luminance : sombre (43<L<50), moyenne (52<L<56) et claire (56<L<64)

^b Teneur en lysine mesurée après hydrolyse ^c Teneur en lysine mesurée après oxydation puis hydrolyse

Tableau 2 : Coefficients de digestibilité iléale standardisée des acides aminés des drêches de blé (%; n=10)

	Drêches sélectionnées (n=10)				Couleur ^a		
	Moyenne	Ecart Type	Mini	Maxi	Sombre (n=3)	Moyenne (n=3)	Clair (n=4)
Acides aminés totaux	75	11	55	85	60	80	83
Acides aminés non essentiels	78	10	61	88	64	82	86
Acides aminés essentiels							
Arginine	68	16	42	81	46	77	78
Histidine	70	14	48	83	50	76	79
Lysine ^b	46	26	-4	71	12	63	59
Phénylalanine	82	10	64	90	67	87	88
Leucine	76	12	55	86	59	81	84
Isoleucine	71	13	47	84	53	77	80
Valine	72	14	47	85	52	79	81
Méthionine	75	10	57	84	60	80	82
Thréonine	65	14	42	76	46	72	74
Tryptophane	67	13	43	78	49	75	75
Total	70	14	42	82	51	77	79

^a Classification selon le critère de luminance : sombre (43<L<50), moyenne (52<L<56) et claire (56<L<64)

^b Calculs réalisés à partir des teneurs en lysine des matières premières, des aliments et des fèces mesurées par hydrolyse