

Variation du pH ultime et du glucose résiduel dans les viandes bovines maturées

J. BOUSSET

Laboratoire de Recherches sur la Viande de l'I.N.R.A., C.N.R.Z., 78350 Jouy en Josas, France.

Post mortem, les sources glucidiques du muscle (glucose et glycogène) sont transformées en acide lactique par voie anaérobie et participent à l'acidification du milieu par leur intervention dans le catabolisme de l'ATP (VALIN 1980). Le pH final se stabilise en général au voisinage de 5,8 et il reste une certaine quantité de glucose. Par contre cette valeur n'est pas atteinte et le milieu est totalement épuisé en glucose lorsque le pouvoir tampon est anormalement élevé ou lorsqu'il y a carence en glucides résultant d'un état nutritionnel défectueux des animaux ou d'une fatigue excessive de ceux-ci.

Dans ce cas les microorganismes présents sur la viande n'ayant pas de glucose à leur disposition pour leur développement utilisent d'autres sources carbonées comme les acides aminés après protéolyse partielle ce qui est particulièrement dommageable pour le produit (GILL et NEWTON 1977, NEWTON et GILL 1978).

Il est donc important qu'après installation de la rigor mortis il reste du glucose dans la viande et donc que le pH se soit normalement abaissé sans utiliser complètement les sources glucidiques existantes in vivo. Le déterminisme de la chute du pH post mortem implique qu'il existe une relation entre le pH final et les glucides initialement présents dans la viande, mais il existe également une corrélation entre ce même pH final et le glucose résiduel.

Le présent travail a pour but de préciser la nature de cette relation et d'en discuter les facteurs de variations et les possibilités d'emploi dans la pratique des industries de la viande.

MATERIEL ET METHODES

Matériel animal

Nous avons étudié sept bovins représentatifs de ceux généralement rencontrés sur le marché. 24 heures post mortem, après réfrigération des carcasses, 16 muscles ont été prélevés et immédiatement placés à 2°C et stockés 48 à 72 heures à cette température. 19 sites musculaires ont été prélevés et broyés. Les échantillons pour analyse, réalisés à partir de ces broyats, sont stockés à -18°C jusqu'à la réalisation des dosages.

Méthodes analytiques

Mesure du pH :

Le pH est déterminé à l'aide d'un pHmètre, équipé d'une paire d'électrodes dont celle au calomel est à jonction ouverte, sur une macération aqueuse au 1/10 d'un échantillon de 10 grammes de muscle.

Glucose et glycogène :

Le dosage de ces deux constituants est réalisé à partir des coffrets de la société BOEHRINGER. Le glucose est déterminé directement, sur un extrait par l'acide perchlorique glacé 0,6 mol/l, par le couple HK/G6P-DH (Hexokinase/Glucose-6-phosphate déshydrogénase). L'ensemble glucose + glycogène est déterminé, après hydrolyse du glycogène par une amyloglucosidase, par le même couple d'enzymes HK/G6P-DH. Nous avons été conduits à modifier les concentrations de certains réactifs et les prises d'essais pour adapter le coffret aux concentrations en glucose et glycogène que l'on trouve en fin de maturation.

Fer héminique :

la détermination de ce composant se fait suivant la technique élaborée au niveau européen selon le principe de la méthode de HORNSEY.

Isoenzymes de la lactico-déhydrogénase :

les proportions des 5 groupes d'isoenzymes de la LDH sont déterminés après densitométrie d'une électrophorèse sur gel d'acrylamide des différents échantillons selon la technique précédemment décrite (BOUSSET, 1981).

Estimation des proportions de fibres :

en utilisant les proportions des isoenzymes de la LDH, et compte tenu de la répartition théorique binominale de ces isoenzymes dans les fibres, il est possible, à l'aide d'un programme de calcul que nous avons mis au point de déterminer les proportions de 3 groupes métaboliques de fibres : un réducteur dénommé X, un oxydatif Z et un intermédiaire Y.

Etude statistique : l'étude est réalisée essentiellement par des méthodes non paramétriques car l'hétérogénéité des variances et la non normalité de distribution ne permettent pas une étude classique. Seule l'étude de la liaison pH/glucose a été réalisée par les deux méthodes.

RESULTATS

Variation du pH final

L'étendue de variation du pH est sensiblement d'une unité, de 5,58 dans le Semimembranosus de l'animal D à 6,55 dans le Tensor fasciae latae de l'animal C. Les pH moyens sur l'ensemble des muscles, des divers animaux sont peu différents, voisin de 5,86 (tableau I), sauf pour les animaux B et C ; mais les fluctuations entre muscles sont importantes comme l'indiquent les valeurs élevées des écarts types.

TABLEAU I : pH moyen des différents animaux

Animal	A	B	C	D	E	F	G
p H	5,89	5,98	6,07	5,88	5,84	5,84	5,88
s	0,14	0,20	0,28	0,15	0,12	0,14	0,71

Si l'on considère la moyenne, pour les 7 animaux, relative à chaque muscle, on constate (tableau 2) que 5 muscles (9-15-31-33-35) se distinguent par des pH plus bas que la moyenne générale alors que 4 (42-57-62-72) ont des pH nettement plus élevés avec très souvent des variations très importantes entre animaux.

TABLEAU 2 : pH moyen des différents muscles (*)

Muscles	1	3	4	7	8	9	15	19	21	31	32
pH s	5,85 0,06	5,85 0,14	5,96 0,14	5,90 0,23	5,94 0,29	5,77 0,14	5,76 0,08	5,93 0,20	5,87 0,08	5,77 0,04	5,87 0,06
Muscles	33	35	40	42	57	62	70	72			
pH s	5,78 0,05	5,73 0,08	5,95 0,23	6,03 0,11	6,13 0,21	6,21 0,15	5,94 0,27	6,09 0,14			

(*) La nomenclature des muscles est placée en annexe à la fin du texte.

L'examen du tableau 3 relatif à l'ordre de classement des différents muscles suivant leur pH fait ressortir que les muscles à valeurs extrêmes, soit basses soit élevées, sont ceux qui se classent avec le plus d'homogénéité, exception faite pour les animaux C et D.

TABLEAU 3 : Classement des muscles suivant le pH

Animal	A	B	C	D	E	F	G	rang moyen
Muscles								
1	11	12	12	10	5	11,5	12	13
3	8	6	13	8,5	19	17	9	14
4	4	7,5	11	4,5	16	8,5	4	5
7	14,5	10,5	4	11,5	7,5	7	17	12
8	9	9	1	8,5	6	13	16	6
9	17	19	9	13	14	11,5	19	16
15	18	18	15	14	10,5	14	18	18
19	19	3	14	2	17,5	6	6	8,5
21	6	14	10	11,5	12	10	7	11
31	16	17	16	17,5	10,5	16	14	17
32	5	13	17	6	9	8,5	10	10
33	13	15,5	18	17,5	7,5	15	11	15
35	14,5	15,5	19	19	13	19	15	19
40	12	5	5	16	17,5	3	8	7
42	3	7,5	8	4,5	2	1	13	4
57	2	4	3	15	1	4	3	3
62	1	1	6	1	3	2	2	1
70	10	10,5	2	7	15	18	5	8,5
72	7	2	7	3	4	5	1	2

Variation du glucose résiduel

La variation du glucose résiduel est considérable. Les valeurs extrêmes sont de 7 mg par 100 g de produit frais dans le Tensor fasciae latae de l'animal C et de 367 mg pour 100 g dans le Semidendinosus de l'animal E. Le tableau 4 montre que le facteur animal est très important : entre les animaux C et D nous avons sensiblement un rapport de trois. Ceci conduit à une très forte variabilité lorsque l'on étudie les moyennes par muscles pour les 7 animaux (tableau 5).

TABLEAU 4 : glucose moyen des différents animaux

Animal	A	B	C	D	E	F	G
Glucose s	222 72	129 68	96 69	219 79	277 64	204 64	164 75

TABLEAU 5 : glucose résiduel moyen des différents muscles

Muscles	1	3	4	7	8	9	15	19	21	31	32
Glucose s	246 80	229 89	159 108	184 89	155 105	254 87	231 41	153 82	190 47	226 48	268 73
Muscles	33	35	40	42	57	62	70	72			
Glucose s	268 63	283 86	141 68	128 52	105 48	110 68	159 101	113 45			

Les écarts types sont extrêmement importants, cependant quelques muscles se détachent soit par leurs valeurs élevées (1-9-15-33-35) soit par leurs valeurs faibles (42-57-62-72). Si l'on étudie, comme pour le pH, les différents classements, on ne trouve plus de muscles qui se détachent de l'ensemble. Ceci tient aux variations entre animaux et à l'hétérogénéité au niveau des muscles.

Relation en
Le tableau
La corrélation e
0,0001. Si l'o
l'animal A où P
comme limite. Or
différents muscul

TABLEAU 6 : Coef

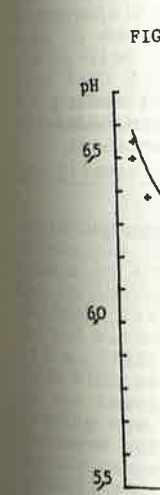
Animal	
rs	-0
P(t)	0,

Plusieurs ajuste
l'ensemble des d
il est représent
Le tableau 7 fo
ment.

TABLEAU 7

Animal	
a	
b	
r	
P(t)	

On consta
sont peu diffé



L'étude
variation du
pour 100 g d
Relatio
Le fer
lisme oxydat
existe peut-
faible et p
LDH, associ
bolisme, so
57 pour l'e

Relation entre le pH et le glucose

Le tableau 6 donne les résultats de cette étude par les coefficients de corrélation de rangs de SPEARMAN. La corrélation est excellente sur l'ensemble des données puisque l'on a un coefficient de $-0,89$ avec $P(t) < 0,0001$. Si l'on considère individuellement chaque animal, les relations sont encore très bonnes sauf pour l'animal A où $P(t)$ est de $0,051$ c'est à dire très légèrement supérieure au seuil de 5% généralement considéré comme limite. On peut donc affirmer qu'il existe une corrélation entre le pH final et le glucose résiduel des différents muscles.

TABLEAU 6 : Coefficient de rang de SPEARMAN et valeur de $P(t)$ pour la relation pH/glucose.

Animaux	A	B	C	D	E	F	G	Total
rs	-0,45	-0,76	-0,85	-0,61	-0,48	-0,74	-0,72	-0,89
P(t)	0,051	0,0002	<0,0001	0,0048	0,037	0,0003	0,0005	<0,0001

Plusieurs ajustements ont été essayés, le plus satisfaisant est un ajustement logarithmique dont l'équation pour l'ensemble des données est :

$$y = 7,0 - 0,5 \log x$$

$$(y = \text{pH}, x = \text{glucose en mg pour 100 g de produit frais}).$$

Il est représenté sur la figure 1.

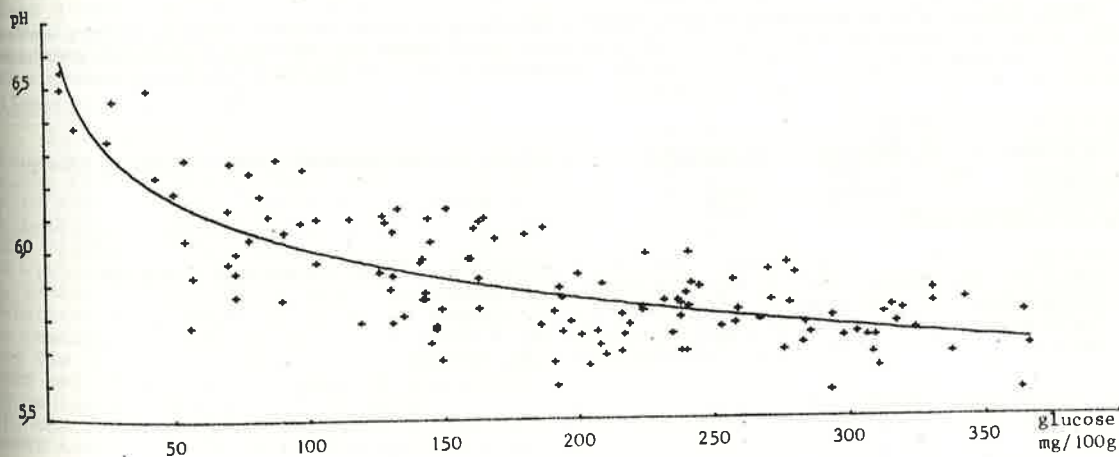
Le tableau 7 fournit les valeurs des différents coefficients pour les ajustements des animaux pris individuellement.

TABLEAU 7 : valeur des coefficients des équations $y = a + b \log x$

Animaux	A	B	C	D	E	F	G	Total
a	7,2	7,2	7,0	7,0	7,7	7,7	7,2	7,0
b	-0,58	-0,61	-0,52	-0,49	-0,76	-0,83	-0,63	-0,50
r	0,68	0,82	0,88	0,66	0,69	0,79	0,68	0,75
P(t)	0,001	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,0001

On constate dans ce tableau que quelque soit l'animal, l'ordonnée à l'origine ou le coefficient de pente sont peu différents.

FIGURE 1 : Relation entre le pH final et le glucose résiduel



L'étude de la figure 1 montre par contre que pour une faible variation de pH surtout au dessous de pH 6 la variation du glucose est très importante. Par exemple, pour pH 6 le glucose résiduel est en moyenne de 100 mg pour 100 g de produit frais alors qu'à pH 5,7 il est 4 fois plus élevé d'après la formule de régression.

Relation avec des paramètres reflétant l'état métabolique des fibres.

Le fer héminique, de part son rôle dans la chaîne respiratoire, est plus ou moins associé avec le métabolisme oxydatif des fibres ; nous n'avons pas trouvé de corrélation entre ce composé et le pH ou le glucose ; il existe peut-être, par contre, une relation entre le fer héminique et le glycogène résiduel mais elle semble faible et peu constante pour les différents animaux. Les corrélations avec la proportion d'isoenzyme 5 de la LDH, associée au métabolisme réducteur, ou avec la proportion de fibre X également associée à ce même métabolisme, sont faibles et peu constantes pour les différents animaux. Elles se situent cependant au seuil de 5% pour l'ensemble des animaux.

DISCUSSION

Nous n'avons pas envisagé ici le problème de l'abaissement post mortem du pH qui est lié à la fois à la quantité de glucides présents dans le muscle au moment de l'abattage, aux types métaboliques des fibres constituant le muscle et au pouvoir tampon de celui-ci. Nous nous sommes uniquement intéressés aux relations que l'on pouvait constater après maturation de la viande.

L'animal C, comme déjà signalé, perturbe beaucoup les résultats moyens des 7 animaux, mais il est difficile statistiquement de l'éliminer.

Une relation semble bien exister entre le type métabolique des fibres et le glucose résiduel. Celui-ci est plus abondant dans les fibres réductrices qui possédaient à l'origine un métabolisme mieux adapté à la situation d'anaérobiose qui se produit après la mort. Dans ce même type de fibres le pH est, pour un taux équivalent de glucose résiduel, abaissé plus bas ; ce que traduit la relation négative entre type de fibres et pH après maturation. En fait, le type métabolique des fibres intervient certainement beaucoup plus sur la vitesse d'acidification que sur la valeur du pH ultime.

La relation que l'on peut établir entre le pH final et les quantités de glucose résiduel est à utiliser avec précaution. Si l'on observe bien l'équation qui régit cette relation, on s'aperçoit qu'elle ne renseigne que très mal sur le glucose résiduel d'une viande dont on connaît le pH. En effet dans le sens pH → glucose l'équation est une exponentielle et dès que le pH s'abaisse à 5,8, l'indétermination sur le glucose devient très importante et ceci d'autant plus qu'il existe des variations individuelles non négligeables.

Ceci est parfaitement traduit par la dispersion des points autour de la courbe dans le figure 1. La dispersion serait encore plus forte si l'on considérait la concentration en ions hydrogène au lieu du pH car la transformation logarithmique introduite par la notation "pH" réduit cette dispersion.

D'autre part la connaissance de la teneur en glucose d'un muscle donné ou d'un groupe de muscles ne permet pas de renseigner sur le niveau présent dans les autres muscles de la carcasse car il n'existe apparemment pas de classement constant des différents muscles d'une carcasse donnée.

La détermination du pH ne permet pas d'estimer de façon précise le taux de glucose résiduel des viandes ce qui retire à cette détermination une part de son intérêt pour évaluer leur aptitude à la conservation.

En pratique, pour connaître le glucose résiduel, il sera donc nécessaire de le doser en utilisant de préférence des méthodes rapides du type de celles utilisées en médecine après leur adaptation au milieu carné, et aux taux de glucose résiduel présent dans la viande dont le présent travail donne les ordres de grandeur et l'intervalle de variation.

ANNEXE : Nomenclature des muscles

Biceps femoris 1 et 3, semitendinosus 4, Vastus lateralis 7, Tensor fasciae latae 8, Gluteus medius 9, Longissimus dorsi 15, Latissimus dorsi 19, Tricipitis brachii caput lungum 21, Pectoralis profundus pars ascendans 31 et 32, Semimembranosus 33 et 35, Gracilis 40, Supraspinatus 42, Infraspinatus 57, Rectus abdominis 62, Gastrocnemius 70, Serratus ventralis pars cervicis 72.

Ce travail a été réalisé avec la collaboration technique de Marie-Thérèse MERA et Eléonore HUDZIK

Références bibliographiques

- | | | |
|------------------------|------|---|
| BOUSSET J. | 1981 | 27ème congrès des chercheurs en Viande. Vienne. A34 - 125-128 |
| GILL.C.O., NEWTON K.G. | 1977 | J. Appl. Bacteriol. 43, 189-195 |
| HORNSEY H.C. | 1956 | J. Sci. Food Agric., 7, 534-540 |
| NEWTON K.G., GILL.C.O. | 1978 | J. Appl. Bacteriol., 44, 91-95 |
| VALIN C. | 1980 | Ann. Technol. Agric., 29, 539-546. |