

NOTE

**LA DISCRIMINATION DES VIANDES FRAÎCHES
ET CONGELÉES
PAR MESURES D'IMPÉDANCE A DEUX FRÉQUENCES**

J. CHARPENTIER (1), R. GOUTEFONGEA, P. SALÉ et A. THOMASSET*

*Station de Recherches sur la Viande,
Centre de Recherches de Clermont-Ferrand, I. N. R. A.,
63 - Saint-Genès-Champagnelle*

** Laboratoire de Chimie appliquée et de Génie chimique,
Université Claude-Bernard, 43 Bd du 11 Novembre 1918,
69 - Villeurbanne*

RÉSUMÉ

Le rapport des mesures d'impédance de la viande à 1 kHz et 100 kHz s'établit entre 2 et 5 pour de la viande bovine 24 heures après l'abattage, puis subit une baisse au cours de la maturation. Après congélation puis décongélation, la valeur de ce rapport s'établit au voisinage de 1. Cette modification, due aux changements apportés par la congélation aux structures du muscle, devrait permettre, en précisant les localisations anatomiques de mesure, d'identifier les viandes ayant subi une congélation.

INTRODUCTION

Un certain nombre d'auteurs ont montré l'intérêt des mesures d'impédance dans les milieux biologiques dans des buts d'exploration clinique (THOMASSET, 1962, 1963 a, 1963 b; JOLY, 1964), d'évaluation de l'importance relative des milieux intra- et extracellulaires (EYRAUD *et al.*, 1969; DUCROI *et al.*, 1970), d'étude de survie d'organes (FOURCADE *et al.*, 1970), de comportement de milieux membranaires (BERTHE *et al.*, 1966) et d'étude de l'évolution du tissu musculaire sous l'effet de la congélation (SALÉ, 1969).

La méthode d'étude imaginée et mise au point par THOMASSET (THOMASSET, 1963 c), consiste à déterminer l'impédance à deux fréquences (1 et 100 kHz) et à étudier les variations du rapport des deux valeurs ainsi obtenues. Le tissu musculaire subissant un certain nombre de modifications

(1) Décédé le 30 avril 1971.

d'ordre biophysique au cours de la transformation du muscle en viande et compte tenu des variations de l'impédance mesurée en basse fréquence (1 kHz) observées par SALÉ (SALÉ, 1969) sur les viandes ayant subi une congélation, nous avons expérimenté cette méthode sur des échantillons de viande fraîche, maturée et décongelée.

TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

Nous disposons d'un appareil (THOMASSET, 1963 c) permettant de mesurer l'impédance à 1 et à 100 kHz. Les électrodes sont constituées par des aiguilles hypodermiques en acier inoxydable de diamètre 1 mm et de longueur 40 mm. Elles sont fixées sur un support isolant les maintenant à une distance de 50 mm l'une de l'autre. A la base de chacune d'elle, un manchon isolant crée une zone de garde, laissant une longueur utile de 30 mm.

On mesure successivement l'impédance à 1 kHz, puis à 100 kHz. Sur chaque échantillon, ces mesures sont effectuées dans deux directions, le plan défini par les deux électrodes étant successivement parallèle puis perpendiculaire à la direction générale des fibres musculaires.

Préparation des échantillons. — Le lendemain de l'abattage, des échantillons d'une taille suffisante (environ 2 kg) ont été prélevés sur les muscles *Longissimus dorsi* et *Pectoralis profundus* de 12 bovins mâles âgés d'environ 18 mois. Les mesures d'impédance ont été effectuées aussitôt sur chaque échantillon, puis chacun d'eux a été fractionné en deux parties égales. L'une a été congelée à -20° puis conservée à cette température, l'autre conservée à $+6^{\circ}$ pendant 10 jours, condition correspondant à une maturation classique.

Les mesures d'impédance ont été de nouveau effectuées sur les échantillons conservés à $+6^{\circ}$ après 10 jours de stockage et sur les échantillons congelés, après décongélation, au bout d'une période de conservation de 30 jours environ.

RÉSULTATS

Le tableau 1 indique les valeurs du rapport des impédances $\frac{Z(1 \text{ kHz})}{Z(100 \text{ kHz})}$ pour les échantillons frais (1 jour *post mortem*), maturés (10 jours *post mortem*), et après décongélation, et le tableau 2 les moyennes et écarts types pour chaque série de mesure, ainsi que les tests de signification.

— A 1 jour *post mortem* la valeur du rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$ est comprise entre 2 et 5. Cette valeur est d'ailleurs fonction de l'orientation du plan formé par les électrodes par rapport à la direction des fibres musculaires.

— Après 10 jours *post mortem*, la valeur du rapport diminue et ceci pour les deux directions de mesure.

— Après congélation puis décongélation, la valeur du rapport s'abaisse à une valeur proche de 1 (inférieure à 1,24). A ce stade, l'orientation selon laquelle la mesure a été faite, n'a pratiquement plus aucune influence.

Le muscle est un conducteur hétérogène, constitué de fibres disposées de façon sensiblement parallèle et séparées par des membranes. En basse fréquence, les milieux intracellulaires sont isolés par les membranes et ne participent pas au passage du courant électrique. En haute fréquence, les milieux intra- et extracellulaire participent ensemble à la conduction électrique. Le rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$ est donc toujours supérieur à 1.

Après la mort, un certain nombre de modifications biophysiques et biochimiques se déroulent au cours de la transformation du muscle en viande. L'importance de ces modifications est croissante avec le temps écoulé depuis la mort ce qui explique la variation du rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$ au cours de la maturation.

Au cours de la congélation et du stockage à l'état congelé, la formation de cristaux de glace a des conséquences bien plus marquées sur les constituants musculaires et la désorganisation du milieu est très importante. Ces modifications se traduisent, comme au cours de la maturation, par une baisse de l'impédance, relativement plus importante à 1 kHz. Le rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$ a ainsi tendance à atteindre une valeur très voisine de 1.

Cette baisse du rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$, qui traduit la diminution de l'impédance en basse fréquence, est due à un affaiblissement des effets capacitifs des membranes, dont l'origine peut être liée soit à des ruptures de ces membranes, soit à des modifications de structure entraînant une perte des propriétés diélectriques.

TABLEAU I

| Muscle | Animal | Valeurs du rapport $Z 1/Z 100$ | | | | | |
|-----------------------------|--------|--|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | | Impédances mesurées parallèlement aux fibres | | | Impédances mesurées perpendiculairement aux fibres | | |
| | | Viande fraîche 1 j post mortem | Viande maturée 10 j post mortem | Viande congelée puis décongelée | Viande fraîche 1 j post mortem | Viande maturée 10 j post mortem | Viande congelée puis décongelée |
| <i>Longissimus dorsi</i> | 1 | 2,80 | 1,54 | 1,13 | 4,20 | 2,20 | 1,13 |
| | 2 | 2,48 | 1,96 | 1,12 | 3,54 | 2,63 | 1,10 |
| | 3 | 3,30 | 3,49 | 1,11 | 4,00 | 2,66 | 1,13 |
| | 4 | 2,32 | 3,01 | 1,17 | 2,08 | 2,33 | 1,14 |
| | 5 | 2,96 | 3,15 | 1,10 | 3,98 | 2,47 | 1,12 |
| | 6 | 3,27 | 1,60 | 1,12 | 3,52 | 1,67 | 1,10 |
| | 7 | 2,34 | 3,34 | 1,16 | 2,78 | 2,52 | 1,16 |
| | 8 | 5,55 | 3,61 | 1,16 | 3,46 | 2,80 | 1,15 |
| | 9 | 3,32 | 2,58 | 1,16 | 4,80 | 3,14 | 1,13 |
| | 10 | 3,12 | 2,85 | 1,18 | 4,58 | 2,28 | 1,07 |
| | 11 | 3,34 | 3,29 | 1,15 | 3,98 | 3,02 | 1,16 |
| | 12 | 3,44 | 3,10 | 1,16 | 4,00 | 2,68 | 1,15 |
| <i>Pectoralis profundus</i> | 1 | 2,27 | 1,30 | 1,11 | 2,54 | 1,46 | 1,11 |
| | 2 | 2,50 | 1,25 | 1,11 | 2,05 | 1,32 | 1,11 |
| | 3 | 2,33 | 1,21 | 1,12 | 2,08 | 1,25 | 1,11 |
| | 4 | 2,28 | 1,22 | 1,10 | 2,46 | 1,26 | 1,09 |
| | 5 | 2,88 | 1,30 | 2,52 | 2,52 | 1,42 | 1,11 |
| | 6 | 2,26 | 1,27 | 1,11 | 2,69 | 1,32 | 1,10 |
| | 7 | 4,33 | 2,48 | 1,16 | 3,59 | 1,92 | 1,16 |
| | 8 | 2,22 | 1,92 | 1,20 | 4,03 | 1,25 | 1,15 |
| | 9 | 2,34 | 1,63 | 1,24 | 4,10 | 1,59 | 1,23 |
| | 10 | 1,98 | 1,34 | 1,16 | 2,68 | 1,32 | 1,13 |
| | 11 | 2,43 | 1,55 | 1,14 | 4,72 | 1,94 | 1,14 |
| | 12 | 2,88 | 1,87 | 1,14 | 5,80 | 1,78 | 1,12 |

Possibilités d'application pratique. — Cette méthode peut permettre l'identification des viandes congelées ; elle présente l'avantage de la simplicité et de la rapidité par rapport à celle de HAMM et KORMENDY (1969) fondée sur l'examen du comportement électrophorétique des transaminases musculaires.

Étant donné que pour les viandes congelées la valeur du rapport $\frac{Z(1)}{Z(100)}$ est voisine de 1, la

TABLEAU 2

A — Moyennes et écarts types

| | | Z 1/Z 100 moyennes et écart type | | | |
|--|--|----------------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| | | <i>Longissimus dorsi</i> | | <i>Pectoralis profundus</i> | |
| | | Moyenne | Écart type | Moyenne | Écart type |
| Impédances mesurées parallèlement aux fibres | Viande fraîche 1 jour <i>post mortem</i> | 3,19 I | 0,91 | 2,56 IV | 0,59 |
| | Viande maturée 10 jours <i>post mortem</i> | 2,80 II | 0,72 | 1,53 V | 0,38 |
| | Viande congelée puis décongelée | 1,14 III | 0,02 | 1,14 VI | 0,04 |
| Impédances mesurées perpendiculairement aux fibres | Viande fraîche 1 jour <i>post mortem</i> | 3,74 VII | 0,71 | 3,27 X | 1,04 |
| | Viande maturée 10 jours <i>post mortem</i> | 2,53 VIII | 0,41 | 1,49 XI | 0,26 |
| | Viande congelée puis décongelée | 1,13 IX | 0,03 | 1,13 XII | 0,04 |

B — Test de comparaison des moyennes

| | | | |
|-----|----|----|-----|
| I | | | |
| II | NS | | |
| III | SS | SS | |
| | I | II | III |

| | | | |
|-----|-----|------|----|
| VII | | | |
| VII | SS | | |
| IX | SS | SS | |
| | VII | VIII | IX |

| | | | |
|----|----|----|----|
| IV | | | |
| V | SS | | |
| VI | SS | SS | |
| | IV | V | VI |

| | | | |
|-----|----|----|-----|
| X | | | |
| XI | SS | | |
| XII | SS | SS | |
| | X | XI | XII |

NS = Différence des moyennes non significatives.

SS = Différence des moyennes significatives à P = 0,01.

méthode ne peut être valable que si, quel que soit le stade de maturation des viandes fraîches, ce rapport reste très nettement supérieur à 1.

Ces résultats montrent, d'une part, une certaine variabilité des valeurs obtenues pour un muscle donné provenant d'animaux différents, et d'autre part, une différence quasi systématique entre muscles, qui peut d'ailleurs être reliée à des différences de teneur en tissu conjonctif. Si, pour le *Longissimus dorsi*, aucune confusion ne semble possible, puisque la valeur la plus basse obtenue pour des échantillons non congelés est de 1,54 alors que la valeur la plus élevée pour les échantillons congelés est de 1,18, par contre, pour le muscle *Pectoralis profundus*, il y a un certain recouvrement entre les valeurs déterminées avant congélation et après, bien que, statistiquement, la différence entre les moyennes soit hautement significative.

CONCLUSION

Cette méthode ne peut donc s'appliquer indifféremment à tous les muscles et il est nécessaire de préciser les localisations anatomiques pour lesquelles aucune ambiguïté n'existe. Il est également probable que d'autres facteurs interviennent (espèce, âge, sexe...) et il conviendra donc d'étendre cette étude afin de préciser ses limites et de définir des conditions d'utilisation précises pour en assurer la validité.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

DIFFERENTIATION OF FRESH AND FROZEN MEATS BY COMPARATIVE TWO-FREQUENCY IMPEDANCE MEASUREMENTS

The ratio of meat impedance values at 1 kHz versus 100 kHz frequencies ranges between 2 and 5 depending on the anatomical site of measurement, in bovine meat investigated 24 h. after slaughter. It decreases slowly during maturation, respective of site differences. In frozen and thawed bovine meat, the ratio is approximately 1 and is almost irrespective of the site of measurement.

The decrease of this ratio is due to a decrease in impedance at the lower frequency because of structural alterations or destructions hindering the condenser effect of membranes.

As freezing-induced alterations are much more important than the maturation-induced, this device should enable to identify meats having undergone freezing and thawing, given a definite anatomical site of measurement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERTHE D., LILLE R., THOUY G., RICHARD M., THOMASSET A., EYRAUD C., 1966. Conductivité électrique d'un milieu globulaire. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **263**, Série D, 1266-1268.
- DUCROT H., THOMASSET A., JOLY R., JUNGERS P., EYRAUD C., LENOIR J., 1970. Détermination du volume des liquides extracellulaires chez l'homme par la mesure de l'impédance corporelle totale. *Presse Méd.*, **78**, 2269.
- EYRAUD C., LENOIR J., FAUCHON A., JENIN P., DUCROT H., JUNGERS P., THOMASSET A., JOLY R., 1969. Détermination des volumes de liquides extracellulaire et intracellulaire du corps humain par mesure électrique. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **269**, Série D, 744-746.
- FOURCADE C., DUREAU G., LENOIR J., SCHILT W., BERTHELET J.-P., FALLONNET J., EYRAUD C., DESCOTTES J., 1970. L'impédance tissulaire, nouveau paramètre de variabilité d'un organe anoxique. *Pathol. Biol.*, **18**, 719-724.

- HAMM R., KORMENDY L., 1969. Transaminases of skeletal muscle. III. Influence of freezing and thawing on the subcellular distribution of glutamic-oxaloacetic Transaminase in bovine and porcine muscle. *J. Food. Sci.*, **34**, 452-457.
- JOLY R., 1964. *Signification biophysique de l'impédance à 1 kHz du corps humain*. Thèse médecine, Lyon.
- SALÉ P., 1969. Augmentation de la conductivité électrique des viandes consécutives au processus de congélation décongélation. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **269**, Série D, 2136-2139.
- THOMASSET A., 1962. Propriétés bioélectriques des tissus. Mesure de l'impédance en clinique. *Lyon Méd.*, 1962, 28-107.
- THOMASSET A., 1963 a. Teneur ionique extra- et intracellulaire appréciée en clinique par la mesure de l'impédance. *Lyon Méd.*, 1963, 22-1325.
- THOMASSET A., 1963 b. Contrôle de l'équilibre pendant les cures de diurétiques majeurs par la mesure de l'impédance. *Lyon Méd.*, 1963, 27-5.
- THOMASSET A., 1963 c. *Méthode et appareil pour mesure de l'impédance des tissus biologiques. Biélectrodes*. Brevet France et étranger n° 1344-459.
-