

ASPECTS TECHNOLOGIQUES DE LA CONGELATION DES CARCASSES DE VEAU DE BOUCHERIE

D 41

II - Caractéristiques thermiques

A. GAC, J. CHARPENTIER, J.P. LAFON

L'expérience précédente avait pour but essentiel de préciser l'influence du mode de congélation sur quelques caractéristiques physicochimiques du tissu musculaire, en considérant notamment des paramètres tels que la rapidité d'application du froid après l'abattage, le conditionnement de la carcasse sous polyéthylène ainsi que la rapidité du refroidissement. Comme complément à cette étude et compte tenu de l'absence de références techniques relatives à la congélation des carcasses de veau de boucherie, il nous a semblé souhaitable d'essayer de définir les caractéristiques thermiques des carcasses de veau de boucherie lors des phases de réfrigération et de congélation.

MATERIEL ET METHODES

Ces essais se sont déroulés au Centre National d'Etudes techniques et de Recherches Technologiques pour l'Agriculture, les Forêts et l'Equipe-ment rural d'Antony.

Deux carcasses de veau "chaudes" pesant respectivement 94 et 102 kg. ont été introduites en chambre froide 40 minutes après l'abattage. Deux carcasses "froides" pesant 95 et 104 kg. ont été introduites en chambre froide 24 heures après l'abattage et après avoir été conservées entre temps à + 8°C ; une carcasse "chaude" et une carcasse "froide" avaient été mises préalablement en sac de polyéthylène, le polyéthylène étant étroitement appliqué sur les masses musculaires de façon à éviter la présence de couches d'air isolantes. Ces sacs étaient ligaturés afin d'assurer une étanchéité aussi parfaite que possible.

Par suite d'incidents techniques en cours d'expérimentation les carcasses "chaudes" et les carcasses "froides" n'ont pu être soumises à un traitement thermique semblable. En effet dans le premier cas la température de la chambre froide a évolué de - 14° 3 au temps 0 à - 26° après 60 heures. Dans le second cas la température de la chambre était de - 18° 4 jusqu'à 15 heures puis remontait progressivement à - 10° au bout de 30 heures. La température était relevée par un couple thermoélectrique à coeur soit environ à 70 mm de profondeur et par un couple à 1/2 profondeur à 30 mm environ. Les températures ont été enregistrées. La vitesse de l'air oscillait autour de 1 m/seconde (ventilation permanente).

RESULTATS

I - Carcasses "chaudes"

La vitesse de refroidissement est nettement plus élevée pour les carcasses nues que pour les carcasses sous enveloppe de polyéthylène (fig. n° 1). Pour les premières, la température de congélation commençante était atteinte après 6 heures à 1/2 profondeur, après 12 heures à coeur (température - 1°C). Le pseudo pallier de congélation à coeur dure jusqu'au temps 19 heures soit une durée de 7 heures. La congélation est terminée après 27 heures d'exposition (congélation à 94 p. 100 environ). Pour les carcasses sous enveloppe, la congélation débute après 6 heures à 1/2 profondeur, après 15 heures à coeur. Le pseudo-pallier de congélation peut être estimé comme durant 30 heures environ. La congélation n'est terminée qu'après 60 heures (congélation à 94 p. 100).

II - Carcasses "froides"

Les carcasses nues commencent à congeler à coeur après 6 heures (fig. n° 2). La température ambiante est atteinte après 30 heures (congélation à 80 p. 100 environ). Le pseudo-pallier de congélation peut être estimé comme durant 17 heures.

Les carcasses sous enveloppe commencent à congeler au bout de 1 heure à demi-profondeur et de 12 heures à coeur. Après 30 heures d'exposition la congélation à coeur est de l'ordre de 60 p. 100.

Ces résultats montrent d'une part comme il était logique de s'y attendre, que l'enveloppe de polyéthylène ralentit notablement la chute de température non pas d'ailleurs par suite de la résistance thermique du film mais en raison de la présence de lame d'air immobile entre le film et la viande. D'autre part malgré une congélation initiale plus tardive, la durée nécessaire pour obtenir la congélation totale des carcasses est relativement semblable qu'il s'agisse de carcasses introduites "chaudes" ou "froides". Ce résultat n'est pas surprenant si on compare la valeur de la différence d'enthalpie entre 30° et 10° C qui est petite devant la valeur beaucoup plus importante de différence d'enthalpie entre 10 et - 20°C.

La variation de la température des carcasses lors de la réfrigération et de la congélation permet d'estimer le temps de 1/2 refroidissement.

Toutefois, en toute rigueur, on ne devrait considérer comme valable que le temps de demi refroidissement en fin de congélation au-delà de - 15°C. Au-dessus de - 15°C, les couches élémentaires de la carcasse se présentant à un instant donné, dans des états différents de congélation, les caractéristiques thermiques instantanées (conductivité - chaleur massique - masse volumique) varient notablement avec le temps et avec la position.

70 p. 100 de l'eau contenue dans la viande est congelée entre -1 et -6°C , 28 p. 100 entre -6 et -40°C . Par suite, le refroidissement de toute couche située vers l'intérieur en avant du front de congélation (-1° , -6°C) est notablement perturbé par l'écran constitué par ce front de congélation.

Il résulte de ce qui précède que la méthode indiquée ci-après et les valeurs numériques correspondantes ne sont données qu'à titre indicatif et seulement en tant qu'éléments de comparaison relatifs dans le cas particulier des essais.

Le temps de demi refroidissement T des carcasses a été estimé d'après les températures relevées au-dessus de $+3^{\circ}\text{C}$ pour la réfrigération et en-dessous de -5°C pour la congélation, compte tenu de l'allure générale de la courbe température-temps en coordonnées semi-logarithmiques. Les caractéristiques figurant au tableau n° 1 ont été adoptées.

TABLEAU N° 1 - VALEURS NUMERIQUES ADOPTÉES

		REFRIGERATION	CONGELATION
			à -15°C
Rayon (en mètres)		0,070	0,070
Conductivité thermique (en kcal/h m°C)	λ	0,43	1,4
Masse volumique (kg/dm ³)	ρ	1	1
Chaleur massique (kcal/kg)	c	0,7	0,40
Diffusivité $a = \frac{\lambda}{\rho c}$	a	0,0006	0,0035

Le coefficient de convection en surface h a été déterminé pour le cylindre équivalent à la carcasse en admettant un coefficient de forme :

$$R = \frac{m_1 \text{ carcasse}}{m_1 \text{ cylindre}} = 0.9 \text{ (d'après GAC)}$$

où m_1^2 est l'exposant de l'exponentielle ; le temps de demi refroidissement T est tel que $m_1^2 T = L_n^2 (2)$.

Les différents résultats ainsi obtenus sont rassemblés dans le tableau n° 2.

L'interprétation des valeurs comparatives du coefficient de convection h pour le cylindre équivalent à la carcasse quelque approximatives que soient

ces valeurs, a été effectuée par référence à la vitesse de l'air. En effet ces valeurs sont liées par une relation de la forme :

$$\frac{h D}{\mu_f} = B \left(\frac{D V_q}{\mu_f} \right)^n$$

dans laquelle V_q désigne le débit d'air, λ_f et μ_f la conductivité thermique et la viscosité de l'air à la température de l'essai et D le diamètre. Les valeurs numériques du coefficient B et de l'exposant n dépendent de la valeur du nombre de Reynolds $\left(\frac{D V_q}{\mu_f} \right)$. Pour les présents essais on a adopté : (d'après Mac Adams)

$$\left(\frac{h D}{\lambda_f} \right) = 0,174 \left(\frac{D V_q}{\mu_f} \right)^{0,618}$$

Pour une vitesse de l'air de 1 m/seconde on obtient dans ces conditions $h = 8 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ et pour $h = 6,5 \text{ kcal/h m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$ on a $V = 0,71 \text{ m/seconde}$.

Les valeurs de h de l'ordre de $2 \text{ kcal/h m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ correspondent à la convection naturelle. Il semblerait donc que le fait d'envelopper les carcasses diminue nettement l'influence de la vitesse tout au moins dans les conditions des essais (vitesse de l'ordre de 1 m/seconde).

Il convient de remarquer que la valeur de h obtenue pour la carcasse sans enveloppe est assez faible, ce qui peut être dû, en partie au fait qu'il s'est produit un début de congélation en surface. Les résultats obtenus pour les carcasses introduites à chaud sont logiques, bien que la valeur de h obtenue dans la phase de refroidissement paraisse un peu faible : dans d'autres expériences faites sur une carcasse de porc, on a observé en effet que le coefficient h avant congélation était augmenté par suite d'évaporation d'eau superficielle.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A. GAC 1963 Détermination du refroidissement des denrées par réfrigération
(XIème congrès international du Froid - MUNICH, 1963)
- A. GAC, LAFON J.P. et LEBEL J 1966 Essai de conservation de longue durée des
viandes surgelées.
Bulletin Technique du Génie Rural n° 76 - 1966
- AC W.H. Mc. ADAMS - Transmission de la chaleur -
DUNOD PARIS, 1961.

Tableau 2. Valeurs calculées du coefficient de convection h pour le cylindre équivalent

Conditions de l'essai			Phase	T heure carcas se	λ	p	a cal/m ²	Va	m ₁ (carcas sse)	m ₁ (cylind re)	h cylind re
Emballage	Stade initial	Position du couple (profondeur mm)									
sans enveloppe	chaud	30 mm	Refroidissement	4.7	0.43	1	700	0.0247	0.384	0.426	5.53
d°	d°	70 mm	d°	5.5	-	-	-	-	0.355	0.394	4.55
avec enveloppe	d°	30 mm	d°	10.8	-	-	-	-	0.253	0.281	2.09
d°	d°	70 mm	d°	11	-	-	-	-	0.251	0.279	2.09
sans enveloppe	chaud	70 mm	congélation	2	1.4	1	400	0.059	0.588	0.653	6.46
avec enveloppe	chaud	70 mm	d°	4.7	-	-	-	-	0.384	0.426	2.64

Tabl. 2 continuation Valeurs calculées du coefficient de convection h pour le cylindre équivalent

Conditions de l'essai				T	λ	p	c	Va	m_1	m_1	h
Emballage	Stde initial	Position du couple (profondeur mm)	Phase	heure carcasse			cal/m^3		(carcasse)	(cylindre)	(cylindre)
sans enveloppe	froid	70 mm	refroidissement	8.9	0.43	1	700	0.0247	0.279	0.310	2.62
sans enveloppe	froid	70 mm	congélation à -90°)	2	1.4	1	400	0.059	0.588	0.653	6.46
	-	-	congélation à -50°	9*	0.9			0.042	0.277	0.308	1.74*
avec enveloppe	-	-	congélation (de - à -30°C)	10.2*	0.9			0.042	0.260	0.289	1.51*

* Résultats donnés à titre indicatif compte tenu des températures correspondantes (-1.5 à -5 degrés). Les valeurs de λ et V_a sont les valeurs moyennes entre le refroidissement et la congélation totale (congélation entre -1° et -5°, 50 à 60%).

Fig. 1. Carcasses introduites à chaud

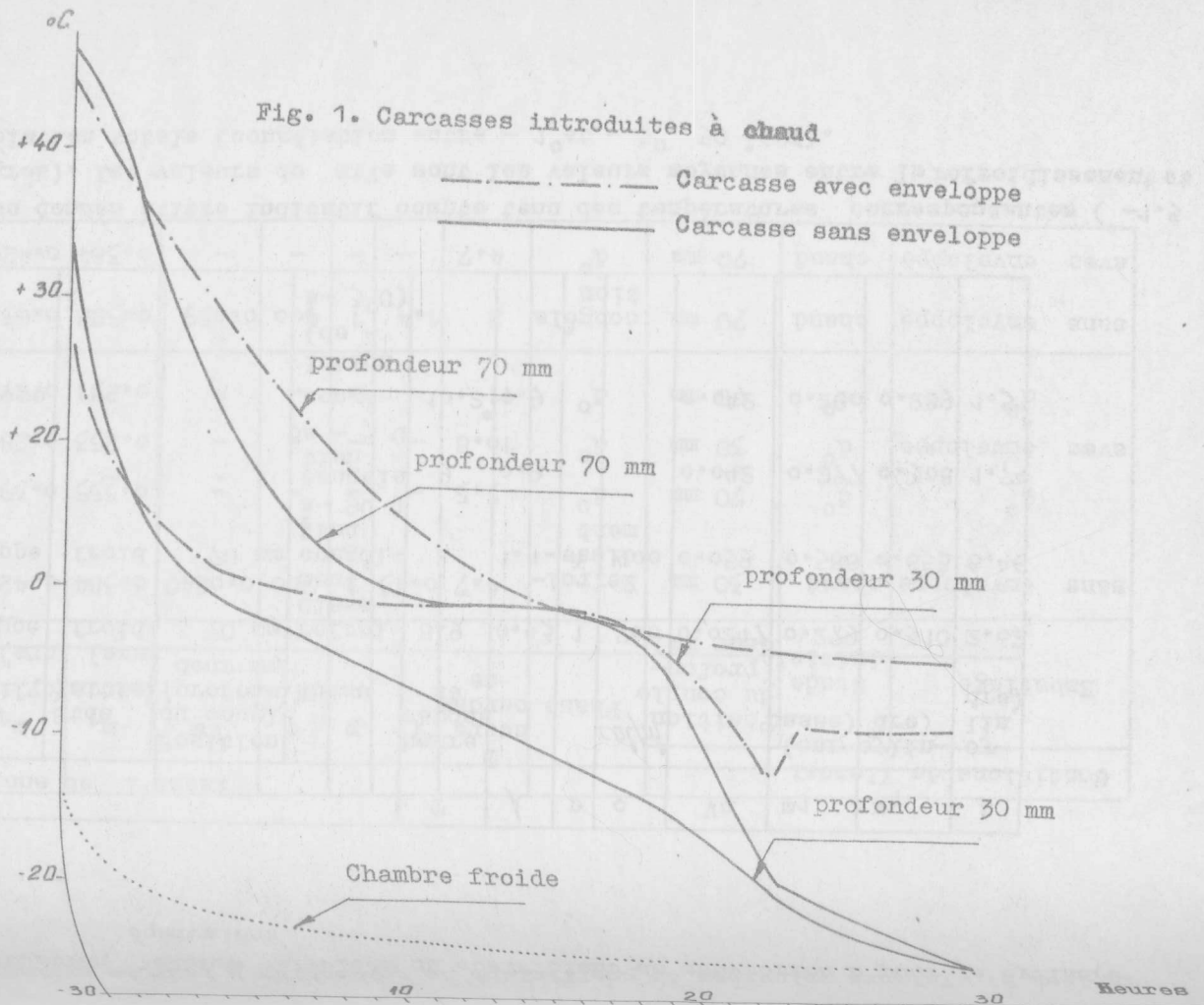


Fig. 2. Carcasses in troduites à froid

