B/6

XIXe REUNION EUROPEENNE DES CHERCHEURS EN VIANDE
XIXth EUROPEAN MEETING OF MEAT RESEARCH WORKERS

PARIS - 2-7 Septembre 1973

CONSERVATION DE LA VIANDE BOVINE SOUS EMBALLAGE PLASTIQUE, SOUS VIDE OU EN ATMOSPHERES CONTROLEES. ASPECTS BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Jeanne FOURNAUD[+], P. SALÉ, C. VALIN

[+]Laboratoire d'Ecologie Microbienne
I.N.R.A. - 78350 JOUY EN JOSAS

Station de Recherches sur la Viande
I.N.R.A. - THEIX - 63110 BEAUMONT

RESUME

Dans nos conditions expérimentales, emballage 24 heures post mortem sous un vide de 4 mm de Hg et une température de stockage de 0°C il est possible de oonserver de la viande bovine pendant 10 semaines.

Sur le plan microbiologique des différences importantes dans le nombre et la nature de la flore de oontamination peuvent être observées selon le type de film utilisé pour réaliser la mise sous vide. Les différences sont surtout importantes après 4 semaines de conservation (de 4,0 x $10^3/cm^2$ à 1,3 10^5/cm2) puis diminuent et après 10 semaines le rapport n'est plus que de 1 à 4. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un film rétractable.

L'emballage dans un mélange CO_2 N_2 ne permet pas d'obtenir des résultats supérieurs à ceux enregistrés sous vide avec l'emballage rétractable ; le mélange CO_2 O_2 N_2 conduit aux plus mauvais résultats.

Sur le plan de la tendreté la conservation de longue durée à 0°C ne semble pas permettre une amélioration notable par rapport à une maturation d'une quinzaine de jours à + 4°C.

En ce qui concerne la couleur, les meilleurs résultats obtenus avec le film rétractable permettent de réaliser 10 semaines sous vide suivies de 2 jours en barquettes sous film perméable à 0° + 2°C.

Les autres types d'emballage ne permettent pas d'éviter une altération importante de la couleur en surface après 10 semaines de conservation. Après 4 semaines seul l'emballage dans le mélange CO_2 O_2 N_2 entraine une dégradation importante de la couleur.

SUMMARY

When the packaging is realized 24 hours post mortem under a Vacuum of 4 mm Hg and with a storage temperature of 0°C beef meat can be stored during 10 weeks.

From a microbiological point of wiew, large differences in the total number and the nature of the bacteria are observed depending on the film used. The differences in the total flora are more important after a 4 weeks storage (from 4,0 $10^3/cm^2$ to 1,3 $10^5/cm^2$) than after 10 weeks where the difference does not exceed a ratio of 1 to 4. The best results were obtained with a heat shrinkable film.

The results recorded with a CO_2 N_2 atmosphère are not so good than those observed under vacuum but the worst was with CO_2 - O_2 - N_2

During the 10 weeks storage at 0°C the tenderness improvement does not appear larger than those obtained after a 2 weeks ageing at 4°C withaout any packaging.

The colour of the meat was well preserved with the heat shrinkable film after 10 weeks under vacuum. But with the other film and the CO_2 N_2 atmosphère large discoloration ares were observed after 10 weeks, and after 4 weeks with the CO_2 O_2 N_2 atmosphère.

ZUSAMMENFASSUNG

Unter unseren experimentalen Bedigungen (Verpackung unter 4 mm Hg Vakuum 24 Std post mortem, Lagerungstemperatur : 0°C) war es möglich Rindfleisch während 10 Wochen zukonservieren.

Die mikrobiologischen Bestimmungen erweisen dass wichtige Unterschiede an Bakterienansteckung zwischen den verschiedenen verbrauchten Verpackungsfilmen bestehen.

Die Unterschiede sind besonders gross nach einer Lagerung von 4 Wochen (von $4{,}0 \times 10^3/cm^2$ bis $1{,}3 \times 10^5/cm^2$), sie nehmen dann ab so dass nach 10 Wochen die grösste Abweichung nur noch von 1 zu 4 darstellt.

Die beste Ergebnissen wurden mit zusammenziehbarem Film erhalten. Mit CO_2-N_2 - Mischung verpackten Fleischproben wurden keine bedeutend bessere Resultaten erhalten im Vergleich zu zusammenziehbarer Vakuumverpackung.

Die mit CO_2 - O_2 - N_2 - Mischung verpackten Proben führten zu den schlechtesten Ergebnissen.

Die Zartheitbestimmungen zeigten dass eine 10 Wochen Lagerung keinen bedeutenden Zartheitsgewinn ermöglicht im Vergleich zu normaler 15-tägiger Reifung bei + 4°C.

Die besten Ergebnissen für die Fleischfarbe wurden mit zusammenziehbarer Vakuumverpackung erhalten, es wird gezeigt das dieses Verfahren eine weitere 2-tägige Konservierung bei 0°C - + 2°C unter permeablem Film ermöglicht.

Die anderen Verpackungsmethoden ermöglichten keine Lagerung von 10 Wochen ohne bedeutende oberflächliche Farbverderbung. Nach einer Lagerung von 4 Wochen, wurde nur mit CO_2-O_2-N_2- Mischung eine starke Farbverderbung festgestellt.

CONSERVATION DE LA VIANDE BOVINE SOUS EMBALLAGE PLASTIQUE, SOUS VIDE OU EN ATMOSPHERES CONTROLEES. ASPECTS BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

Jeanne FOURNAUD[+], P. SALÉ, C. VALIN

[+]Laboratoire d'Ecologie Microbienne
I.N.R.A. - 78350 JOUY EN JOSAS

Station de Recherches sur la Viande
I.N.R.A. - THEIX - 63110 BEAUMONT

INTRODUCTION

L'emballage des viandes sous vide ou en atmosphères contrôlées permet d'ores et déjà de réaliser des conservations d'une durée de plusieurs semaines en évitant de recourir à la congélation. Certaines études décrivent les avantages de ces techniques (TÄNDLER et HEINZ, 1970) ainsi que leurs limites (TAYLOR, 1971 ; PAGLIARO et al., 1972) en particulier sur le plan de la préservation de la couleur des viandes.

Notre recherche avait pour but la description de l'évolution de certaines caractéristiques de qualité de la viande bovine ainsi conditionnée, caractéristiques microbiologiques, de tendreté et de couleur.

MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a porté sur des muscles de l'épaule de 6 vaches de réformes de diverses races. Le prélèvement des muscles ainsi que les différents conditionnements ont été réalisés 24 heures post mortem.

Pour l'emballage sous vide à la pression résiduelle de 4 mm de Hg deux types de film ont été utilisés un film rétractable (A) (température de rétraction 84°C) et un film (laminé Poly Nylon) non rétractable (B) dont les caractéristiques sont les suivantes :

	Film rétracté (A)	Poly Nylon non rétracté (B)
Perméabilité à vapeur d'eau $g/m^2/24$ h.	6,6 (85 à 105 µ)	4 (104 µ)
Perméabilité à O_2 $cc/m^2/24$ h/atm/ép. réelle	12 à 22 (85 à 105 µ)	33 à 36 (110 µ)
Perméabilité à CO_2 $cc/m^2/24$ h/atm/ép. réelle	45 (70 à 85 µ)	74 (110 µ)

Le conditionnement en atmosphère controlée a été réalisé avec les sachets non rétractables. Après mise sous vide les mélanges gazeux CO_2 20,7 % ; O_2 16 % ; N_2 QS 100 et CO_2 20 % ; N_2 80 % ont été injectés à la pression de 150 mm de Hg.

Toutes ces opérations de conditionnement ont été effectuées avec une machine SERIPE qui permet la mise sous vide ou la réinjection et assure la fermeture des sachets par thermosoudage.

Dans tous les cas la température de conservation a été fixée à 0°C, les échantillons étant placés dans la glace fondante. Après 4 semaines et 10 semaines de conservation on a procédé sur les différents échantillons à la détermination de la flore de contamination et à des mesures de tendreté et de couleur. De plus une partie des échantillons était reconditionnée en barquettes, sous film perméable, et conservée à 0° - + 1°C pendant 4 jours, ceci afin de suivre l'évolution de la couleur et de la pollution microbienne de ces viandes replacées au contact de l'air.

Etude microbiologique

A - Prélèvements et préparation des échantillons

Sur chaque muscle ou sur chaque tranche de viande on effectue deux prélèvements : l'un avant conservation, l'autre après conservation.

Pour les muscles on enlève stérilement une pellicule de viande dont la surface correspond à celle d'un demi carré de 5 cm de côté, l'autre demi-carré est prélevé après conservation.

Pour les tranches, on découpe dans le sens de la largeur et d'une extrémité à l'autre une bande de viande d'environ 1 cm de côté : cette bande est prise à 2 cm au moins du bord latéral du morceau.

Les échantillons sont broyés au dixième à l'aide d'un homogénéisateur Ultra turrax dans du milieu de dilution tryptone-sel.

B - Analyses microbiologiques

1 - Milieux

Milieu A : Protéose peptone n° 3 (Difco) 1,0 %, tryptone (Difco) 0,5 %, extrait de viande (Merck) 1,0 %, glucose (Prolabo) 0,5 %, pourpre de bromocresol (Touzart et Matignon) 0,002 %, gélose (Touzart et Matignon) 1,0 %. le pH est amené à 7,5 - 7,6 avant stérilisation.

Ce milieu est incubé en aérobiose et en anaérobiose à 22°C durant une semaine. Il est utilisé pour dénombrer la flore totale.

Milieu B :

- Bouillon : tryptone (Difco) 0,5 %, extrait de viande (Merck) 1,5 %, le pH est ajusté à 3,5 avant stérilisation.
- Base gélosée : gelose (Touzart et Matignon) 1,5 %, glucose (Prolabo) 1,0 %.

Le bouillon et la base gélosée sont mélangés par parties égales juste au moment de la mise dans la boîte de Pétri.

Ce milieu est incubé en aérobiose à 22°C pendant une semaine. Il est utilisé pour dénombrer les levures et les moisissures.

Milieu C : tryptone (Difco) 0,5 %, extrait de viande (Merck) 1,0 %, glucose (Prolabo) 0,1 %, gélose (Touzart et Matignon) 1,0 % - le pH est amené à 7,4 - 7,5 avant stérilisation.

Au moment de l'emploi on ajoute, à 15 ml de milieu gélosé, 0,1 ml d'une solution stérile d'acétate de thallium (BDH) à 7,5 %. Ce milieu est incubé en aérobiose à 22°C durant une semaine.

Dans ce milieu se développent quantitativement les bactéries qui appartiennent aux genres Micrococcus, Streptococcus, Leuconestoc, Lactobacillus, Microbacterium et Corynebacterium.

Milieu D : tryptone (Difco) 0,5 %, extrait de viande (Merck) 1,0 %, glucose (Prolabo) 0,1 %, gélose (Touzart et Matignon) 1,0 % - le pH est amené à 7,4 - 7,5 avant stérilisation.

Au moment de l'emploi on ajoute, à 15 ml de milieu gélosé, 0,1 ml d'une solution de para benzoquinone (Merck) à 0,6 %. Cette solution de para benzoquinone est préalablement stérilisée par un passage de 20 mn au bain-marie bouillant.

Ce milieu est incubé en anaérobiose à 22°C durant une semaine.

Sur ce milieu se développent quantitativement les bactéries des genres Streptococcus et Lactobacillus.

Milieu de Chapmann (1)

On incube ce milieu en aérobiose à 22°C durant une semaine.

Ce milieu est utilisé pour dénombrer les Micrococcus. Il s'y développe aussi les Streptococcus du groupe D, certains Lactobacillus, Microbacterium, Corynebacterium.

Milieu de Gardner (2)

Ce milieu est utilisé pour dénombrer les Microbacterium.

Milieu DPTS : Desoxycholate de sodium (Difco) 0,1 %, peptone (Evans) 1,5 %, tryptone (Difco) 1,0 %, safranine (Eastman Kodak) 0,002 %, gélose (Touzart et Matignon) 1,0 %. le pH est amené à 7,4 - 7,5 avant stérilisation.

On incube ce milieu en aérobiose et en anaérobiose à 22°C pendant une semaine.

On dénombre les entérobactéries dans les cultures en anaérobiose, les Pseudomonas et les entérobactéries dans celles en aérobiose. Certaines levures peuvent se développer en aérobiose en donnant de petites colonies roses.

Milieu au desoxycholate

Le milieu Desoxycholate Agar (Difco) est incubé en aérobiose 18 h à 44°C.

Il sert à dénombrer Escherichia Coli.

Milieu de Baird-Parker (3)

Ce milieu est utilisé pour dénombrer les Staphylococcus présumés pathogènes.

On ensemence, non pas en surface comme il est indiqué par l'auteur, mais dans la masse selon un processus précédemment décrit (4).

Milieu de Leistner et Kruger (5)

Ce milieu est utilisé pour dénombrer les Streptococcus du groupe D. Pour l'analyse de la flore superficielle des muscles on utilise tous ces milieux sauf le milieu de Gardner. Dans le cas de l'analyse des tranches de viandes, seuls les milieux A, DPTS et

de Gardner sont ensemencés.

2 - Techniques d'ensemencement

On utilise la technique d'ensemencement dans la masse du milieu gélosé.

L'ensemencement est réalisé en aérobiose dans des boîtes de Pétri et en anaérobiose dans des tubes stériles de 8 x 400 mm selon une technique déjà décrite (6).

3 - Identification

Selon le Bergey's Manueal of Determinative Bacteriology 7th édition William et Wilking.

C - Interprétation des résultats

La numération moyenne est établie à partir des diverses numérations exprimées en log de microorganismes viables par cm^2 ou par gramme de viande.

Etude de la tendreté

Nous avons déterminé sur viande crue, la force maximum de cisaillement Fm le travail de cisaillement W et le facteur de forme $\alpha = \frac{W}{Fm \; e_0}$ où e_0 représente l'épaisseur initiale de l'échantillon. Les mesures ont été réalisées avec l'appareil de SALÉ (1971).

Les mesures ont été effectuées perpendiculairement aux grand axe des fibres musculaires sur des échantillons de largeur constante égale à 1 cm et d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 cm.

Parallèlement nous avons étudié l'évolution de la solubilité hydrothermique du collagène. A cette fin 4 g de muscle broyés dans 40 ml de ClNa 0,9 % sont chauffés à 90°C pendant 2 heures. L'hydroxyproline qui passe en solution, après hydrolyse des filtrats est mesurée selon la méthode de Bergman Loxley (1963)

Mesure de la couleur

Au temps initial et après conservation nous avons mesuré le pourcentage de metmyoglobine formé après oxygénation de la viande à 0°C - + 1°C pendant 24 heures ainsi qu'après chauffage de la viande à 30°C pendant 5 heures (autoxydation in situ). Nous avons renouvelé ces mesures après conservation, 4 jours à 0°C + 1°C, de la viande en barquette sous film perméable.

La détermination, par mesure réflectométrique, du pourcentage de metmyoglobine a été faite selon la méthose de Stewart et al. (1965a).

La mesure des activités réductrices de la metmyoglobine en milieu anaérobie (MRA) a été réalisée selon la méthode de Stewart et al. (1965b).

Parallèlement nous avons déterminé le pH des viandes par mesure directe à l'aide d'une électrode duplexe et la teneur des muscles en fer héminique selon la méthode de Hornsey (1956)

RESULTATS

I - Etude microbiologique

Evolution des microflores totales superficielles des viandes au cours de la conservation.

Le mode de conditionnement sous vide influe sur l'évolution de la microflore totale. Après 4 semaines de conservation le nombre total de microorganismes est, en moyenne, moindre dans le cas de A ($4,0 \times 10^3/cm^2$) que dans celui de B ($1,3 \times 10^5/cm^2$), (tableau I) soit 32 fois moins. De plus, la numération maximum observée avec le conditionnement A ($4,0 \times 10^4/cm^2$) est égale, aux erreurs d'expérience près, à celle minimum ($3,2 \times 10^4/cm^2$) rencontrée avec le conditionnement B.

Au cours du temps l'écart entre les numérations moyennes va en diminuant, puisqu'après 10 semaines leur rapport est seulement de 4. Cette même différence existe d'ailleurs aussi entre les numérations minium et les numérations maximum (tableau I).

Les résultats obtenus sous atmosphère contrôlée sont plus hétérogènes que ceux observés sous vide. Ainsi à 4 semaines, sous CO_2-N_2, la variation entre les valeurs extrêmes des numérations est de 1 600 fois, alors qu'elle est de 80 fois au maximum lors de la conservation sous vide (cas de A à 4 semaines).

L'adjonction d'oxygène au mélange CO_2-N_2 entraîne une croissance microbienne plus importante (tableau I) surtout après 4 semaines de conservation. La présence de ce gaz semble donc neutraliser en partie le pouvoir inhibiteur du CO_2. L'évolution de la flore totale est alors, en moyenne, identique à celle observée dans le cas du conditionnement sous vide B.

Si le mélange gazeux renferme seulement CO_2 et N_2, la numération moyenne de la flore dominante se situe à 4 semaines entre celles obtenues lors des 2 conditionnements sous vide et elle est identique à 10 semaines à celle donnée par le conditionnement B.

Evolution de diverses populations microbiennes selon le mode de conditionnement.

Au cours de nos essais nous n'avons jamais mis en évidence ni Staphylococcus présumés pathogènes, ni E. Coli, ni Streptococcus du groupe D.

Arthrobacter et Corynebacterium sont présents, avant conditionnement, respectivement sur 11 et 17 échantillons (numération moyenne 64/cm^2 pour chacune de ces bactéries). Ils sont ensuite uniquement décelés après 4 semaines de conservation sur des viandes conditionnées sous vide : Corynebacterium 4 fois sur 6 (500/cm^2 en moyenne) et Arthrobacter une fois (50/cm^2) dans le cas de A, Corynebacterium et Arthrobacter 1 fois chacun dans le cas de B (2,5 x 10^4/cm^2 et 6,4 x 10^4/cm^2).

Le mode de conditionnement sous vide influe, pendant les 4 premières semaines, la croissance et la décroissance de diverses populations microbiennes (Fig. 1, tableau II). Ces phénomènes sont plus importants dans le cas de B que dans celui de A. Ensuite, on observe pour Lactobacillus, Microbacterium et Pseudomonas des taux de croissance semblables quel que soit le mode de conditonnement (A ou B).

Microbacterium se développe d'abord plus vite que Lactobacillus puis ensuite moins rapidement. Pseudomonas peut atteindre dans le cas du conditionnement B des valeurs relativement élevées (8,6 x 10^4/cm^2 en moyenne) (Fig. 1). Les Entérobactéries et les levures sont dénombrées à la dixième semaine de conservation sur plus d'échantillons et en quantités plus grandes dans le cas de B que dans celui de A (Tableau 2).

Sous atmosphère contrôlée le nombre des Lactobacillus reste toujours inférieur à celui des Microbacterium. Leurs populations sont juste équivalentes à 10 semaines sous CO_2-N_2 (Fig. 2). La croissance des Pseudomonas est plus importante si l'atmosphère renferme de l'oxygène : 1,2 x 10^4/cm^2 sous CO_2-N_2 contre 1,2 x 10^5/cm^2 sous CO_2-O_2-N_2 après 10 semaines de conservation. Acinetobacter, présent sur quelques échantillons, atteint des numérations élevées (plus du million par cm^2 après 10 semaines).

Conservation des tranches de viande en barquettes

La viande conservée 4 semaines sous atmosphère contrôlée permet ultérieurement lors d'une conservation en barquettes, un développement microbien plus important que celle conservée sous vide (Fig. 3). En moyenne la flore dominante est multipliée par 10, si la viande a été conditionnée sous vide, et par 100 si le conditionnement était réalisé sous

atmosphère contrôlée.

Les écarts entre les facteurs de multiplication sont moindre pour Pseudomonas (60 et 150) et pour Microbacterium (25 et 100).

Après 10 semaines de conservation, des différences subsistent entre les facteurs de multiplication mais elles se sont atténuées (Fig. 4). Ainsi on observe pour les flores dominantes une multiplication de 8 fois dans les viandes qui ont été conditionnées sous vide (A ou B) et de 16 fois dans celles conservées sous CO_2. Les Lactobacillus font partie de la flore dominante et se développent sauf dans les viandes emballées auparavant sous CO_2-O_2-N_2. De même Microbacterium décroît dans celles qui ont été placées dans le conditionnement A.

Discussion

ROTH et CLARK (7) suggèrent que le CO_2 formé lors de la respiration du muscle contrôle les phénomènes microbiens au cours de la conservation sous vide ; l'oxygène présent serait en trop grande concentration (au moins 1,5 %) pour inhiber la croissance des Pseudomonas.

En réalité, il semble qu'il faille considérer la quantité d'oxygène incluse. Ainsi les deux conditionnement A et B sont réalisés avec le même vide, mais de par la forme du sac la quantité d'air résiduel, et par conséquent d'oxygène, est moindre pour A que pour B. On constate alors que les Pseudomonas se développent, au cours des quatre premières semaines, moins rapidement dans le cas de A ($64/cm^2$) que dans celui de B ($1,6 \times 10^4/ cm^2$).

Après 10 semaines de conservation, c'est sous atmosphère contrôlée que le nombre de Microbacterium est le plus élevé. GARDNER et CARSON (8), SHAW et NICOL (9), ont montré que cette bactérie n'était ni inhibée ni favorisée aux concentrations de CO_2 utilisées dans nos essais. Il faudrait donc considérer que c'est sous vide que la croissance est freinée. ROTH et CLARK ont émis l'hypothèse que Lactobacillus exercerait une action inhibitrice vis à vis de Microbacterium et il semblerait qu'il en soit bien ainsi. Ce phénomène n'aurait pas lieu en présence de CO_2, ce gaz supprimerait l'inhibition.

Le conditionnement en présence de CO_2 semble favoriser la croissance de tous les groupes microbiens lors d'une conservation ultérieure de la viande en barquette. On pourrait penser à une teneur résiduelle en CO_2 dans la viande telle qu'elle stimule le développement de

Microbacterium et Lactobacillus (8) ; mais à cette concentration, Pseudomonas et Acinetobacter devraient être inhibés. Le CO_2 résiduel pourrait peut-être empêcher l'action du pouvoir ainti-microbien du muscle (II). Ce point mérite d'être plus particulièrement étudié.

II - Etude de la tendreté

A partir des résultats obtenus sur chaque muscle au cours de 10 à 15 cisaillements, on a calculé les valeurs de Fm de W et de α pour une épaisseur initiale standard de 1 cm. Pour ces calculs on a admis une variation linéaire de Fm et α en fonction de e_0 et une relation parabolique pour W. Les résultats sont indiqués sur les tableaux III et IV.

Comparaison intertraitements

La comparaison pour chaque muscle des valeurs moyennes de Fm et de W obtenues pour chaque emballage et pour chaque atmosphère ne fait apparaître aucune différence significative ni à 4 semaines ni à 10 semaines. Il faut cependant remarquer que chaque traitement ne fournissait que trois résultats et que la variabilité importante entre animaux peut alors masquer partiellement une faible différence. La comparaison des valeurs obtenues par compte ne fait pas non plus apparaître de différences systématiques sauf pour les muscles Grand Rond et Sous Epineux pour lesquels l'emballage A a donné des forces de cisaillement systématiquement supérieures à celles mesurées pour l'emballage B.

Si ces résultats ne permettent pas d'éliminer l'hypothèse d'un effet de l'emballage ou de l'atmosphère sur les propriétés mécaniques du muscles, ils montrent cependant que si cet effet existe, il reste peu important et dépend de la nature du muscle.

Par contre la comparaison des valeurs de α, paramètre peu dépendant de la nature du muscle, et pour lequel on peut donc regrouper l'ensemble des valeurs obtenues sur les 4 muscles au cours de chaque traitement, fait apparaître à 4 semaines une différence hautement significative entre les muscles conservés sous vide et ceux conservés en atmosphère (tableau V).

TABLEAU V

Valeurs moyennes globales de α, sous vide (A+B) et sous atmosphère (CO_2 N_2 + CO_2 O_2 N_2)

	A + B	CO_2 O_2 N_2 + CO_2 O_2	Comparaison des traitements
4 semaines	0,34 ± 0,086	0,25 ± 0,05	dl 46, t^{+++} = 4,5
10 semaines	0,35 ± 0,06	0,33 ± 0,05	dl 46, t = 1 NS

Après 4 semaines de conservation les valeurs de α pour les muscles conservés sous vide sont anormalement élevées, des valeurs de l'ordre de 0,20 étaient observées couramment après 10 à 15 jours de maturation dans des conditions normales (+ 4° à + 6°C). Pendant les 4 premières semaines, les muscles conservés en atmosphères contrôlées, semblent avoir évolué plus normalement que ceux conservés sous vide. Entre 4 et 10 semaines, on n'observe aucune évalution sous vide et une augmentation hautement significative en atmosphère contrôlée qui correspond à une augmentation du travail de cisaillement. Cette évolution traduit peut-être des modifications au niveau myofibrillaire.

Evolution au cours de la conservation

Pour évaluer l'évolution de Fm et de W au cours du temps, on peut regrouper les résultats des divers traitements, puisqu'il n'est pas apparu de différences sensibles entre eux. Ces valeurs sont indiquées dans le tableau VI.

Au cours des 4 premières semaines de conservation, on observe une diminution de 20 % à 30 % de la force moyenne de cisaillement de chaque muscle, puis cette force n'évolue plus entre 4 et 10 semaines. Le travail de cisaillement moyen diminue également au cours des 4 premières semaines, mais cette diminution n'est significative que pour les muscles Grand Rond et Sus Epineux. Entre 4 et 10 semaines on observe au contraire une tendance à l'augmentation du travail de cisaillement, mais les écarts ne sont jamais significatifs.

On peut interpréter ces évolutions comme traduisant pour la force de cisaillement, une légère dégradation de la résistance du tissu conjonctif, et pour le travail de cisaillement, un déroulement anormal des phénomènes biochimiques de la maturation, qui apparaissent d'abord fortement ralentis, probablement à cause de la température basse, puis suivis d'une période de restructuration conduisant à une légère augmentation de la cohésion myofibrillaire. Ceci permet de prévoir une influence défavorable de cette conservation à long terme sur les muscles tendres et donc pour lesquels les propriétés myofibrillaires jouent un rôle dominant, et au contraire une influence favorable sur les muscles plus durs et donc plus riches en conjonctif.

Evolution du collagène

Les déterminations ont porté sur deux muscles le gros Anconné et le Sus Epineux. Le tableau VII rapporte l'évolution des propriétés de solubilité du collagène interne.

TABLEAU VII

Muscles	Traitements, conservation	Temps 0	4 semaines PM		10 semaines PM	
		% collagène= soluble	% collagène= soluble	Augmentation solubilité % T_0	% collagène soluble	Augmentation solubilité % T_0
Gros Anconé	conservation sous vide	7,21	7,41	+ 2,77 %	7,73	+ 7,14 %
	Conservation CO_2-O_2-N_2	5,46	6,10	+ 11,72	8,82	+ 61,48
	Conservation CO_2-N_2	5,46	5,44	- 0,37	8,75	+ 60,32
Sous Epineux	Conservation sous vide	7,61	8,21	+ 7,88 %	10,41	+ 36,76%
	Conservation CO_2-O_2-N_2	6,77	7,39	+ 9,11	8,95	+ 32,15%
	Conservation CO_2-N_2	6,77	7,65	+ 12,95	8,19	+ 20,97%

Evolution de la solubilité thermique du collagène interne de muscles (Gros Anconé et Sous Epineux) au cours de la maturation en fonction du mode de conservation.

= % collagène soluble exprimé en % hydroxyproline

Les mesures de cisaillement avaient mis en évidence une faible diminution de la force de cisaillement des muscles crus entre le temps 0 et 4 semaines.

Les résultats du tableau VII indiquent une légère évolution dans le temps des propriétés de solubilité du collagène interne. Les pourcentages d'augmentation de la solubilité sont même importants à 10 semaines, mais en valeur absolue la solubilité hydrothermique reste faible. Ces résultats confirmeraient donc ceux des mesures de cisaillement.

Sur le plan de la tendreté, et pour une température de conservation strictement contrôlée à 0°C, nous n'avons donc pas observé d'évolution importante ni des paramètres qui caractérisent

les propriétés mécaniques de la viande crue ni de ceux qui pourraient indiquer une transformation du collagène intramusculaire.

III - Etude de la couleur

L'expérience a porté sur trois muscle de l'épaule, le Gros Anconé, le Sous Epineux et le Sus Epineux.

D'une façon générale après 4 semaines de conservation seuls les échantillons placés dans le milieu CO_2 O_2 N_2 présentaient une altération très importante de la couleur en surface. Par contre après 10 semaines de stockage seuls les échantillons mis sous vide dans l'emballage A présentaient une couleur normale, après oxygénation d'environ deux heures à + 6°C, à l'exception de quelques taches assez localisées de metmyoglobine Pour tous les autres échantillons un brunissement important affectait les surfaces, sur une épaisseur variant de 1 à 4 mm, entrainant un parage important de la viande.

Les mesures ont porté sur la viande après enlèvement des zones périphériques metmyoglobinisées. Aucune différence entre muscle n'étant apparue nous avons regroupé tous les résultats pour mesurer l'influ- du temps de conservation et l'effet des différents traitements.

Evolution du pH

Il s'agit de mesures effectuées avant le conditionnement de la viande sur barquette sous film perméable. Les valeurs moyennes pour les traitements sous vide ou en atmosphères controlées sont les suivantes :

TABLEAU VIII

	Temps 0	4 semaines	10 semaines
A + B	5,56 ± 0,09	5,67 ± 0,10+	5,62 ± 0,13
CO_2 N_2 et CO_2 O_2 N_2	5,64 ± 0,25	5,73 ± 0,23	5,72 ± 0,17

+Différence par rapport au temps 0 significative au seuil 2,5 %

La comparaison (méthode des couples) au temps 4 semaines et 10 semaines des différents modes d'emballage ne fait apparaître une différence significative que pour les emballages A et B ($P < 0,05$) après 4 semaines de conservation.

D'une façon générale le pH a très peu évolué au cours de ces différents essais.

Evolution de la couleur

Nous avons mesuré l'évolution du pourcentage de metmyoglobine à la surface des échantillons de viande. Aucune différence entre muscles n'était apparue nous avons testé l'influence du temps de conservation sur la valeur moyenne pour l'ensemble des trois muscles et l'influence du mode d'emballage par la méthode des couples chaque muscle étant divisé en deux parties placées dans A et B ou dans CO_2 N_2 et CO_2 O_2 N_2

- Influence de la durée de stockage

TABLEAU IX

Temps sous vide ou en atmosphère contrôlée	4 semaines		10 semaines	
Sous film perméable	1 jour	4 jours	1 jour	4 jours
A	7,25 ± 5,4	20,27 ± 8,4	18,3 ± 12,3	43,5 ± 20,2
B	12,23 ± 9,0	21,6 ± 6,2	18,65 ± 8,0	47,45 ± 13,6
CO_2 N_2	6,30 ± 7,0	11,15 ± 7,5	31,6 ± 13,5	28,1 ± 10
CO_2 O_2 N_2	16,6 ± 12,6	21,5 ± 19,5	22,6 ± 9,9	48,9 ± 11,3

Pourcentage de metmyoglobine après différents temps de conservation

De l'examen de ces résultats il apparaît que seules les valeurs mesurées après 10 semaines et 4 jours d'emballage sous film perméable traduisent une dégradation totale de la couleur. Après 10 semaines de conservation, replacée sous film perméable, la viande ne s'est conservée que deux jours. Dans tous les autres cas une conservation de 4 jours en barquette a été possible même si on enregistre une évolution significative avec le temps de conservation du pourcentage de metmyoglobine

TABLEAU X

	Seuil de signification des différences	
	Δ 4 s.$_{1\ jour}$ - 10 s.$_{1\ jour}$	Δ 4 s$_{4 jours}$ - 10 s$_{4\ jours}$
A	5 %	2,5 %
B	NS	1 ‰
CO_2 N_2	1 ‰	5 ‰
CO_2 O_2 N_2	NS	5 ‰

Comparaisons dans le temps par traitement

semble lié à la réalisation de conditions qui permettent de soustraire au maximum la viande du contact de l'oxygène. Des deux films que nous avons utilisé c'est le plus imperméable à O_2 qui nous a conduit aux meilleurs résultats.

- Influence du mode d'emballage

En ce qui concerne l'emballage sous vide la comparaison des traitements A et B ne fait pas apparaître de différence significative de même dans le cas des réinjections entre CO_2 N_2 et CO_2 O_2 N_2. Les comparaisons des emballages sous vide et des emballages après réinjection ne font pas apparaître non plus de différences significatives.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que la conservation de la viande bovine pendant 10 semaines sous vide et à la température de 0°C est possible.

Les qualités de la viande peuvent être affectées très différemment selon le mode d'emballage utilisé. Sur le plan microbiologique, pour une même température de conservation et un vide identique le nombre total de bactéries et la nature de la flore diffèrent considérablement selon le film d'emballage utilisé. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un film rétractable qui présentait une très haute imperméabilité à O_2.

Le mélange CO_2 N_2 n'apporte rien par rapport à une conservation sous vide de très bonne qualité. Par contre le mélange CO_2 O_2 N_2 est à proscrire Les résultats qu'il a permis d'observer permettent peut-être de se faire une idée de ce qu'il advient des qualités de la viande lors d'un emballage sous vide avec une pression résiduelle élevée.

Sur le plan de la tendreté nous n'avons pas noté d'évolution au-delà des résultats que l'on peut obtenir au cours d'une maturation classique de 15 jours à + 4°C.

La couleur est un facteur limitant essentiel à ces techniques de conservation. Il s'avère finalement que le seul problème qui se pose a trait au brunissement plus ou moins important de la surface de la viande. En dehors de cet aspect il ne semble pas y avoir de grandes différences entre les modes de conditionnement que nous avons testé.

Le brunissement en surface peut atteindre de très larges proportions mais par ailleurs il s'est avéré que même après 10 semaines de conservation certains types d'emballage réduisait considérablement l'ampleur de ces altérations. Il y a lieu maintenant de vérifier si ces résultats peuvent être étendus à des muscles particulièrement fragiles comme le Gluteus Medius.

En dernière analyse il apparaît donc qu'en dehors d'un contrôle très stricte de la température le succès de ces techniques de conservation

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERGAMN, LOXLEY, 1963 Analyt. Chem., 35, 1961.

HORNSEY, 1956 J. Sci. Fd Agric., 7, 534.

PAGLIARO A.F., DAGATTI A.R., D'ALESSANDRIA A.V.H., 1972 Meat Chilling Why and How, p. 91. Edited by M.R.I. Langford U.K.

SALE P., 1971 Proc. 17th Meeting Europ. Meat Res. Workers. Bristol.

STEWART M.R., ZIPSER M.W., WATTS B.M., 1965 J. Fd Sci., 30, 464.

STEWART M.R., HUTCHINS B.K., ZIPSER M.N., WATTS B.M., 1965 J. Fd Sci., 30, 487.

TANDLER K., HEINZ G., 1970 Fleischwirtschaft,50, 1185.

TAYLOR A.A., 1971 Proceedings 17th Meeting Europ. Meat. Res. Workers. Bristol., 662.

ETUDE MICROBIOLOGIQUE

I - CHAPMAN G.M., 1945 J. Bac., 50, 201.

2 - GARDNER G.A., 1966 J. Appl. Bact., 29, 455.

3 - BAIRD - PARKER A.C., 1962 J. Appl. Bact., 25, 12.

4 - FOURNAUD J., MORAND-FEHR C., 1965 Bull. Inst. Intern., Annexe 1, 63.

5 - LEISTNER W., KRUGER B., 1965 Mh. Vet. Med., 20, 892.

6 - FOURNAUD J., RAIBAUD P., MOCQUOT G., 1961 7e Réunion des Instituts de Recherches sur les Viandes. Varsovie.

7 - ROTH L.A., CLARK D.S.,1972 Can. J. Microbiol., 18, 1761.

8 - GARDNER G.A. et CARSON A.W., 1967 13th Europ. Meeting of Meat Res. Workers. Rotterdam.

9 - SHAW M.K., NICOL D.J., 1969 15th European Meeting of Meat Res. Workers, Helsinki.

10 - ROTH L.A., CLARK D.S., 1972 18 th Meeting of Meat Res. Workers. Guelph.

11 - PANTALEON J., 1957 2nd Inter. Symposium of Fd Microbiology. Londres.

TABLEAU 1

	Conservation 4 semaines		Conservation 10 semaines	
	Moyenne	Valeurs extrêmes	Moyenne	Valeurs extrêmes
A	3,6+	2,7 - 4,6	6,6	6,0 - 7,1
B	5,1	4,5 - 5,8	7,2	6,6 - 7,7
CO_2 - N_2	4,2	2,4 - 5,6	7,2	6,6 - 7,6
CO_2 - O_2 - N_2	5,1	3,8 - 6,3	7,4	5,7 - 8,3

Evolution de la microflore superficielle totale des viandes conditionnées selon les 4 différents modes, au cours de la conservation à 0°C.

+log du nombre de microorganismes viables par cm^2

TABLEAU II

		T_0	A		B		CO_2-N_2		CO_2-O_2-N_2	
			4s	10s	4s	10s	4s	10s	4s	10s
Acinetobacter	a+	9	2	0	0	0	3	1	2	2
	b	1,7	2,3	-	-	-	3,1	6,8	4,2	6,0
Enterobactéries	a	1	0	3	0	4	1	3	3	3
	b	0,3	-	1,0	-	2,5	0,8	1,6	1,1	2,7
Micrococcus	a	24	4	0	0	0	1	1	2	0
	b	2,5	2,1	-	-	-	1,7	6,5	3,6	-
Levures	a	7	0	1	0	5	5	4	5	6
	b	0,9	-	1,1	-	2,3	1,5	3,6	1,5	2,3

Evolution de diverses population microbiennes en surface des viandes conditionnées selon les 4 différents modes et conservées à 0°C.

a+ : Nombre d'échantillons ou la population est mise en évidence. Nombre total d'échantillons : 24 avant conditionnement (T_0), 6 pour chaque type de conditionnement (A, B, CO_2- O_2 - N_2) à 4 et 10 semaines (4s, 10s)

b : Numération moyenne exprimée en log du nombre de microorganismes viables/cm^2

TABLEAU III

			T_0		4 semaines						10 semaines					
					A			B			A			B		
		V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3
Fm	Gros Anconné	2,8	3,3	1,9	2,2	2,5	2,3	2,3	2,2	2,6	2	2,8	2,6	2,4	1,9	1,8
	Grand Rond	3,4	3,6	2,7	3,0	2,8	2,1	2,4	2,7	1,8	2,1	2,4	2,1	2,3	2,8	2,2
	Sous Epineux	2,5	2,6	2,4	2,9	2,8	2,1	2,2	2,5	1,5	1,9	1,7	1,8	1,8	2,5	2,2
	Sus Epineux			3,7	3,6	3,1	2,7	3,5	3,9	3	2,7	3,3	3,9	3,5	3,5	2,6
W	Gros Anconné	0,70	0,85	0,37	0,61	0,56	0,84	0,65	0,54	0,48	0,67	0,72	0,67	0,79	0,64	0,74
	Grand Rond	0,68	1	0,86	0,76	1	0,67	0,72	0,93	0,59	0,63	0,83	0,68	0,80	1,1	0,89
	Sous Epineux	0,69	0,81	0,73	0,84	1,1	0,67	0,69	0,72	0,39	0,68	0,64	0,62	0,58	0,82	0,55
	Sus Epineux			1,1	1,07	1,07	0,57	0,97	1,06	0,89	0,80	1,1	1,05	1,30	1,29	0,63
$\frac{W}{Fe_o}$	Gros Anconné	0,25	0,27	0,13	0,26	0,32	0,60	0,27	0,35	0,28	0,50	0,30	0,37	0,32	0,31	0,35
	Grand Rond	0,25	0,27	0,35	0,32	0,37	0,29	0,20	0,38	0,30	0,35	0,29	0,31	0,33	0,42	0,33
	Sous Epineux	0,28	0,31	0,31	0,42	0,44	0,50	0,32	0,33	0,32	0,42	0,37	0,37	0,34	0,46	0,30
	Sus Epineux	-	-	0,31	0,34	0,36	0,23	0,24	0,32	0,28	0,32	0,31	0,34	0,34	0,37	0,21

Comparaison emballages A/B

TABLEAU IV

	Temps	T_0			4 semaines						10 semaines					
	Traitement				$CO_2 - O_2 - N_2$			$CO_2 - N_2$			$CO_2 - O_2 - N_2$			$CO_2 - N_2$		
	Animal	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
Fm	Gros Anconné	1,9	3,6	2,2	2,4	2,8	1,7	2,1	1,9	1,5	1,6	2,7	1,9	2,2	3,3	2,6
	Grand Rond	2,3	3,1	2,5	1,9	2,4	2,1	1,6	2,4	2,4	1,9	3	1,9	2,4	2,4	1,8
	Sous Epineux	1,8	1,7	1,9	1,4	2,4	1,9	1,8	1,2	2	1,3	1,8	1,9	1,6	3,3	2,6
	Sus Epineux	2,8	4,0	4,0	2,2	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7	3,3	3,0	2,5	2,9	2,5
W	Gros Anconné	0,51	1,7	0,51	0,84	0,83	0,35	0,69	0,40	0,33	0,40	0,97	0,60	0,70	0,97	0,67
	Grand Rond	0,71	1,69	1,05	0,59	0,83	0,63	0,59	0,57	0,74	0,59	0,90	0,82	0,73	1,1	0,60
	Sous Epineux	0,65	0,77	0,70	0,42	0,60	0,62	0,43	0,40	0,46	0,28	0,67	0,66	0,70	1,34	1,0
	Sus Epineux	0,88	1,37	1,50	0,58	0,70	0,84	0,55	0,56	0,60	0,86	1,68	0,71	0,82	1,23	0,87
$\frac{W}{Fm\ e_0}$	Gros Anconné	0,31	0,53	0,23	0,30	0,26	0,23	0,24	0,22	0,16	0,25	0,39	0,32	0,33	0,34	0,29
	Grand Rond	0,28	0,59	0,38	0,27	0,31	0,25	0,32	0,24	0,22	0,32	0,25	0,41	0,30	0,35	0,34
	Sous Epineux	0,33	0,47	0,35	0,34	0,26	0,26	0,25	0,36	0,18	0,25	0,39	0,27	0,41	0,37	0,36
	Sus Epineux	0,29	0,37	0,38	0,23	0,22	0,24	0,20	0,22	0,20	0,35	0,36	0,23	0,32	0,41	0,33

Comparaison atmosphère $CO_2 - O_2 - N_2$ - $CO_2 - N_2$

TABLEAU VI

		Gros Anconné	Grand Rond	Sous Epineux	Sus Epineux
Fm	T_0	2,6 ± 0,73	2,9 ± 0,50	3,1 ± 0,7	3,6 ± 0,58
	4 s.	2,1 ± 0,4	2,3 ± 0,4	2,1 ± 0,54	2,9 ± 0,59
	10 s.	2,3 ± 0,5	2,9 ± 0,34	2 ± 0,5	3 ± 0,44
	0 - 4	10 %	5 %	1 %	5 %
	4 - 10	NS	NS	NS	NS
W	T_0	0,78 ± 0,50	1,0 ± 0,37	0,73 ± 0,06	1,21 ± 0,28
	4 s.	0,59 ± 0,19	0,72 ± 0,15	0,61 ± 0,22	0,79 ± 0,22
	10 s.	0,71 ± 0,15	0,81 ± 0,18	0,71 ± 0,26	0,84 ± 0,45
	Δ(0 - 4)	NS	5 %	NS	1 %
	Δ(4 - 10)	NS	NS	NS	NS

Valeurs moyennes globales de Fm et W - évolution au cours du temps

Δ (0-4) Seuil de signification de la différence des moyennes entre T_0 et 4 semaines
Δ (4-10) Seuil de signification de la différence des moyennes entre 4 et 10 semaines

Figure 1 : Evolution de divers genres microbiens à la surface des viandes au cours de la conservation sous les conditionnements A et B.

Flore totale ◆ ———— ◆

Microbacterium O——·——O Lactobacillus ▲ —— —— ▲ Pseudomonas ◇ -- -- -- ◇

Figure 2 : Evolution de divers genres microbiens à la surface des viandes au cours de la conservation sous CO_2 - N_2 et CO_2 - O_2 - N_2

Flore totale ◆ ———— ◆

Microbacterium O——·——O *Lactobacillus* ▲—— ——▲ *Pseudomonas* ◇ — — — — — ◇

Figure 3 : Evolution, au cours de la conservation en barquette, des divers genres microbiens dans les viandes préalablement conservées 4 semaines.

NO dénombrement avant conservation

NT dénombrement après conservation

Flore totale

Microbacterium

Acinetobacter

Pseudomonas

Figure 4 : Evolution, au cours de la conservation en barquette, des divers genres microbiens dans les viandes préalablement conservées 10 semaines.

NO dénombrement avant conservation
NT dénombrement après conservation

Flore totale ◆——◆
Lactobacillus ▲——▲ Acinetobacter △—..—△
Microbacterium ○—·—○ Pseudomonas ◇——◇