

Les industries agroalimentaires utilisent de plus en plus la congélation comme moyen de conservation dans un souci de rationalisation des outils de production (limitation de la saisonnalité, production en fonction des commandes, augmentation de la souplesse de production). La congélation et la décongélation constituent des étapes importantes qui demandent une parfaite maîtrise par l'industriel.

Cependant, en l'absence d'informations suffisantes, l'incidence des procédés de décongélation sur l'aptitude technologique des viandes et sur la qualité organoleptique du produit fini n'est pas prise en considération. En effet, le choix du procédé de décongélation par l'industriel est aujourd'hui effectué essentiellement sur des critères économiques, sanitaires et pratiques... Ces dernières années, certaines entreprises se sont ainsi orientées vers des systèmes rapides (micro-ondes en particulier) associés à une étape de rééquilibrage de la température en salle climatisée. Ces opérations se sont mises en place essentiellement pour des raisons de productivité sans réelles mesures de l'impact sur la qualité technologique des viandes.

Cette situation a donc été à l'origine d'un programme mené par l'ADIV en partenariat avec plusieurs centres techniques et de recherche : AGIR, AGROHALL, IFIP (ex CTSCCV), INRA de Theix (QuaPa, STIM).

L'objectif de ce projet était de comparer quatre procédés de tempérament/décongélation (traditionnel en chambre froide, en baratte, micro-ondes, hautes fréquences) afin de déterminer leurs incidences sur les paramètres technologiques d'importance selon le produit (saucisson sec et poitrine à lardons).

Cet article résume les différents résultats obtenus sur le saucisson sec (matière première et produit fini).

Les procédés de tempérament/décongélation

Quelles incidences sur la qualité technologique du minéral et la qualité organoleptique des saucissons secs ?

La décongélation est une étape importante susceptible d'influencer l'aptitude technologique du produit. Cette étude fait le point sur l'incidence de différents procédés de tempérament sur les caractéristiques technologiques et organoleptiques du saucisson sec.

THOMAS-PARAFITA E.⁽¹⁾, LEMOINE E.⁽¹⁾, AGOULON A.⁽²⁾, PAPILLON J.⁽³⁾, MARTIN J.-L.⁽⁴⁾, FOUCAT L.⁽⁵⁾, CUVELIER G.⁽⁶⁾

⁽¹⁾ ADIV - 10 rue Jacqueline Auriol- 63039 CLERMONT-FERRAND cedex 2

⁽²⁾ AGRO HALL - 27000 EVREUX

⁽³⁾ AGIR - 33402 TALENCE

⁽⁴⁾ IFIP - 75595 PARIS

⁽⁵⁾ INRA Theix - 63122 ST GENES CHAMPANELLE

⁽⁶⁾ ENSIAA - 91744 MASSY

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Échantillonnage :

Il s'agit de minerai à saucisson sec de 20 % de tissu gras et 80 % de maigre de cochon. L'étude a été menée sur des pains de dimensions : 30 x 30 x 3 cm soit 2 kg environ.

Méthodes	Traitements	Traitement court	Traitement long
Micro-ondes (protocole mis au point par Agrohall)		- Puissance : 4 x 1300 W = 5,2 kW	- Puissance : 4 x 650 W = 2,6 kW
		-12 cycles (10 s émission, 15 s pause)	-24 cycles (10 s émission, 15 s pause)
		- durée totale : 5 min	- durée totale : 10 min
		- température d'arrêt : -2 °C	- température d'arrêt : -2 °C
Hautes Fréquences (protocole mis au point par AGIR)		- Puissance : 1 kW°C	- Puissance : 0,1 kW
		- durée : env. 5 min	- durée : 30 min
		- température d'arrêt : -2 °C	- température d'arrêt : -2 °C

Parallèlement, pour chaque mode de décongélation, un lot de pains a été décongelé en chambre froide à 3 °C et un lot de matière première fraîche a été utilisé pour servir de standards.

Analyses de l'appétitude à la transformation et des paramètres technologiques du minerai à saucisson

Dosage des protéines solubilisables

Le principe de dosage est basé sur l'extraction des myofibrilles totales et sur la détermination de la teneur en myofibrilles solubilisables, indicateur du degré de dénaturation de la myosine. Les résultats sont exprimés de la façon suivante :
Prot. Sol. (%) = (PS/PMT)*100 où PS = protéines solubilisées et PMT = protéines myofibrillaires totales.

Rendement de tempéragé

Il a été calculé selon la formule suivante :
Rendement tempéragé = (M tempéré - M congelé) / M congelé x 100

Où M = poids du minerai en kg

La couleur

La couleur des pains congelés a été mesurée sur le maigre à l'aide d'un chromamètre MINOLTA et exprimée dans le référentiel CIELAB (1979).

Le pH

Le pH a été mesuré grâce à une sonde de pH pénétrante sur l'ensemble des pains décongelés en prenant soin d'effectuer cette mesure sur le maigre de cochon.

Les analyses microbiologiques

Pour chaque mode de tempéragé, les analyses microbiologiques suivantes ont été réalisées :

- Flore totale aérobie mésophile selon la méthode NF V 08-051, flore indicatrice de la contamination totale des produits ;
- *Pseudomonas* selon la méthode NF V 04-504, flore indicatrice des germes d'altération.

Analyse des capacités du minerai à fixer le sel

Les pains de minerai de cochon décongelés selon les différents modes de tempéragé (micro-ondes, hautes fréquences, chambre froide) et les pains des matières premières fraîches ont été salés pour étudier leur incidence sur la fixation du sel. Les lots de minerai de cochon décongelés ou frais ont été hachés à 6 mm au hachoir. Chaque lot a été salé à trois taux de sel différents : 18, 28 et 60 g sel/kg puis mélangé pour assurer une répartition homogène du sel dans le produit. Une phase de repos de 48 heures (à 4 °C) a été observée pour permettre la diffusion et la fixation du sel dans la viande.

La spectroscopie par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) du noyau sodium a été utilisée pour quantifier la teneur en sel totale et celle des ions sodium (Na+) « liés ». Les mesures RMN ont été réalisées sur un spectromètre DRX400 Bruker à l'aide d'une sonde double accord proton/sodium (1H/23Na). Les échantillons ont été placés dans des tubes RMN de 10 mm de diamètre, et une référence externe a été insérée (tube de 5 mm de diamètre contenant une solution de Na7Dy(PPP)2, de

concentration 1 molaire en sodium) pour la quantification absolue en Na+. Les teneurs en Na+ « liés » ont été déterminées à partir d'une acquisition spécifique « double quanta ». L'ensemble des spectres a été traité à l'aide du logiciel PeakFit.

Fabrication des saucissons secs

Des pains de minerai de cochon issus des cinq modes de tempéragé (micro-ondes traitements court et long, hautes fréquences traitements court et long et chambre froide) ont servi à la fabrication de saucissons. La fabrication des saucissons a été scindée en deux séries :

- 1^{re} série : les saucissons sont fabriqués à partir de pains décongelés par hautes fréquences « traitement court » (HFC) et « traitement long » (HFL), en chambre froide (frigo 1) et à partir de matières premières fraîches (VF1) ;
- 2^e série : les saucissons sont fabriqués à partir de pains décongelés par micro-ondes « traitement court » (MOC) et « traitement long » (MOL), en chambre froide (frigo 2) et à partir de matières premières fraîches (VF2).

Pour chaque série, un standard matières premières fraîches et un standard décongelés en chambre froide a été réalisé. La fabrication des saucissons suivait un procédé industriel classique.

Analyses des caractéristiques des saucissons secs

Analyses physiques

Des mesures de pertes de poids et de pH ont été réalisées au cours de l'étuvage et du séchage à intervalles de temps réguliers pour suivre les cinétiques de séchage des saucissons.

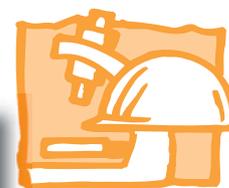
Analyses chimiques

Une caractérisation chimique, [l'humidité du produit délipidé (HPD) taux de NaCl, activité de l'eau (Aw)], des saucissons a été réalisée en fin d'étuvage, en cours de séchage et en fin de séchage.

Analyses sensorielles

Des analyses sensorielles ont été réalisées afin de caractériser chaque lot de saucisson et de comparer le profil des témoins « frigo 1 » et « frigo 2 » entre eux et des profils des « viandes fraîches 1 » et « viandes fraîches 2 » entre elles afin de s'affranchir d'un éventuel effet série. Les analyses sensorielles ont été réalisées par un groupe de 12 sujets qualifiés et entraînés sur le produit « saucisson sec ». Quatre produits ont été présentés par séance. La présentation a été effectuée en monodique séquentielle avec contrôle de l'effet d'ordre, de report et des conditions de présentation (température de service, quantité...).

Un questionnaire a été remis par produit et par sujet. La réalisation des profils descriptifs est faite par mesure sur des échelles d'intensité en sept points de l'ensemble des caractéristiques sensorielles du produit.



LES INDUSTRIELS ET LA DÉCONGÉLATION

Afin de définir des conditions expérimentales les plus représentatives de ce qui est fait au niveau industriel, l'ADIV a réalisé une enquête auprès de 436 salaisonniers. Ce questionnaire avait pour but d'identifier les conditions de décongélation telles qu'elles sont pratiquées au niveau des entreprises, de recenser les principales méthodes utilisées, de définir la température de salage des viandes et de connaître l'avis des professionnels sur les performances des méthodes de décongélation qu'ils pratiquent.

Parmi les entreprises ayant répondu au questionnaire (soit 9%), un peu plus de la moitié affirment pratiquer la décongélation dans leur entreprise et principalement sur le saucisson sec. Les taux d'incorporation de matière surgelée dans la fabrication du saucisson sec varient cependant en fonction des entreprises (cf. figure 1).

La méthode de décongélation la plus utilisée reste la décongélation en chambre froide comme le montre la figure 2.

Dans le cas du saucisson sec, le minerais surgelés se trouve sous la forme de pains dont les dimensions les plus courantes sont les suivantes :

60x40x20/60x40x15/50x30x20/50x30x15/60x30x20/60x30x15 cm

Enfin, concernant les conditions techniques de décongélation, la température de fin de décongélation varie entre -5 et 2 °C. Cependant, la majorité des professionnels pratiquent le tempéragé et stoppent la décongélation lorsque la température à cœur atteint -2 °C. Vis-à-vis de leur méthode de décongélation, 38% affirment ne pas en être satisfaits. Les raisons les plus couramment évoquées sont :

- le temps nécessaire à la décongélation,
- le manque de réactivité qui en découle,
- le problème du stockage lorsque la décongélation se fait en chambre froide,
- le problème de qualité (perte d'exsudat, baisse des rendements).

Les résultats de cette enquête nous ont donc permis dans un premier temps de mieux appréhender les attentes des professionnels en terme de décongélation et deuxièmement de définir des conditions expérimentales les plus proches possible des conditions industrielles.

Figure 1
TAUX D'INCORPORATION DE MATIÈRE SURGELÉE
DANS LE SAUCISSON SEC

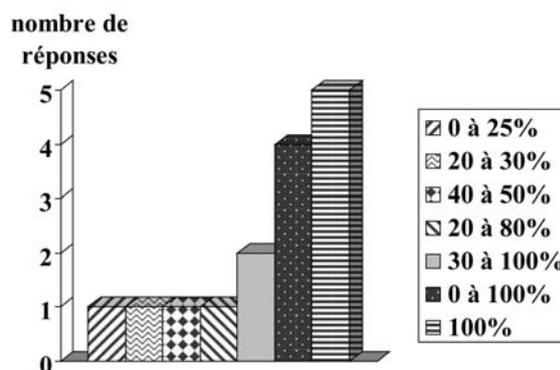


Figure 2
MÉTHODE DE DÉCONGÉLATION
TOUS TYPES DE PRODUITS CONFONDUS

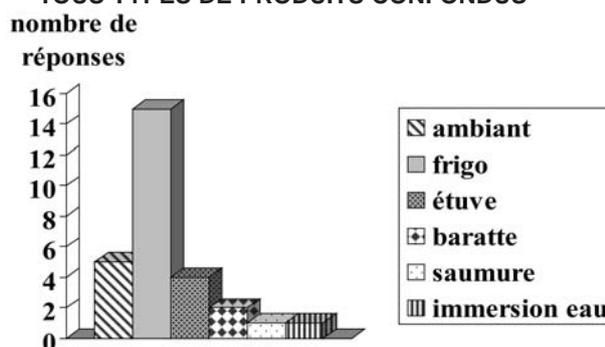
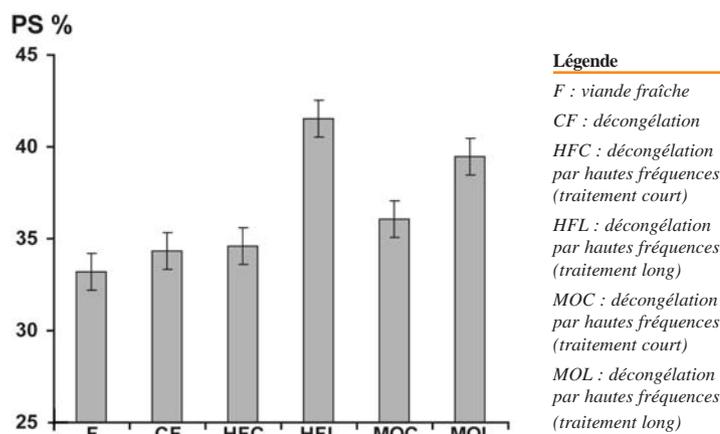


Figure 3
TENEUR EN PROTÉINES SOLUBILISABLES DU MINERAI



RÉSULTATS OBTENUS SUR LE MINERAI A SAUCISSON

Influence de la décongélation sur le taux de protéines solubilisables

Des tests de Mann-Whitney en bilatéral, permettant de comparer les traitements 2 à 2, ont montré que la teneur en protéines solubilisables des minerais décongelés par des traitements longs (par micro-ondes et par hautes fré-

quences) était significativement différente des teneurs obtenues sur le minerais frais et sur le minerais décongelé en chambre froide ou par des traitements courts (par micro-ondes ou hautes fréquences). Le taux de protéines solubilisables augmente donc avec la durée de traitement que ce soit pour les micro-ondes ou les hautes fréquences. Les traitements par micro-ondes et hautes fréquences donnent ainsi de meilleurs résultats que la décongélation en chambre froide et que la matière fraîche.

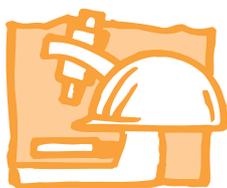


Figure 4
COULEUR DU MINÉRAI EN FONCTION DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS DE TEMPÉRAGE/DÉCONGÉLATION

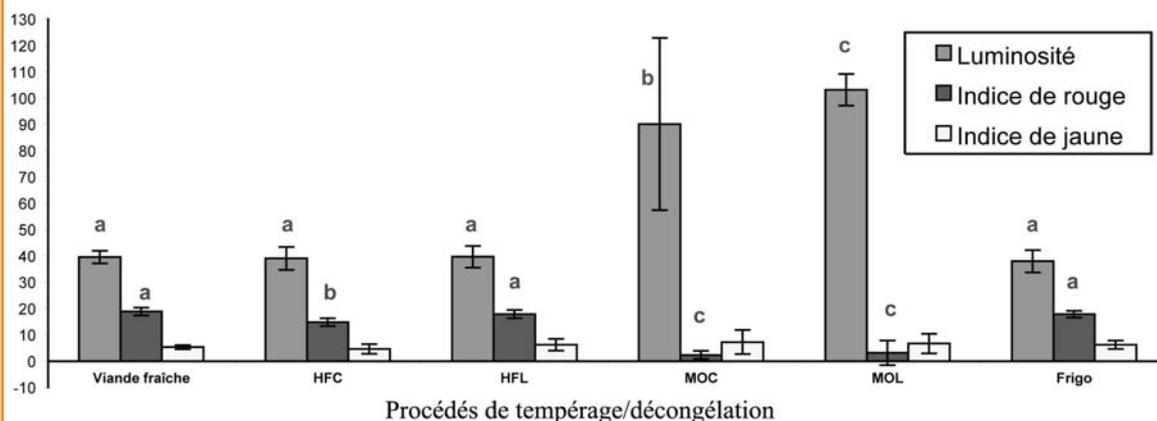
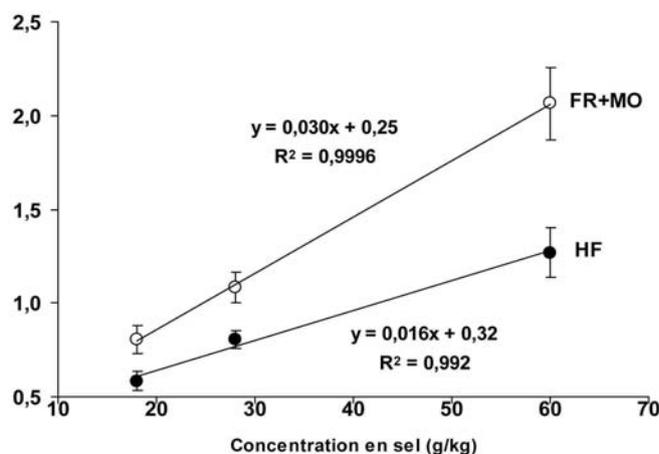


Figure 5
QUANTITÉS D'IONS SODIUM Na+ « LIÉS » EN FONCTION DE LA TENUEUR EN SEL POUR LES TROIS MODES DE DÉCONGÉLATION : FR (Frigo), MO (Micro-onde) ET HF (Haute Fréquence)



Influence de la décongélation sur les paramètres technologiques

Résultats sur les pertes de poids

Aucune perte de poids n'a été observée. La température de fin de tempéragé étant de -2 °C, l'eau à l'intérieur du produit est encore gelée. Toutefois, cela signifie également qu'il n'y a pas eu d'évaporation d'eau et donc pas d'échauffement du produit en surface.

Résultats sur le pH

L'analyse de variance (ANOVA) des résultats par le logiciel STATVIEW ne montre aucun effet significatif des traitements de tempéragé/décongélation sur le pH ($p = 0,1285$).

Résultats sur la couleur (figure 4)

L'analyse de variance des résultats indique qu'il y a un effet significatif des traitements de décongélation pour l'indice de clarté L* ($p < 0,0001$) et pour l'indice de rouge a* ($p < 0,0001$). Ainsi le tempéragé par micro-ondes entraîne une clarté plus élevée et un indice de rouge plus faible. Cependant, il faut tenir compte de l'hétérogénéité du produit. Les pains de minérai à saucisson sont en effet constitués de cubes de maigre de coche à 80% et de cubes de gras de porc à 20%. Bien que les mesures aient été faites sur le maigre, il est possible que des parties de gras aient été prises en compte dans la mesure. Ceci peut expliquer les variabilités de mesures ainsi obtenues dans le cadre d'une décongélation par micro-ondes

lors d'un traitement court. La significativité des différences observées indique néanmoins que le traitement par micro-ondes est susceptible d'induire des différences de couleur liées probablement à des phénomènes d'échauffement ou d'oxydation.

Résultats en microbiologie

L'ensemble des résultats d'analyses montre que la qualité microbiologique du minérai reste satisfaisante après décongélation quel que soit le traitement utilisé.

Influence de la décongélation sur la fixation du sel

Concernant la teneur en Ions Na+ « liés », les résultats sont illustrés sur la figure 5.

Les valeurs obtenues pour les modes de décongélation micro-ondes (MOC et MOI) et frigo (FR) s'étant avérées similaires, elles ont été regroupées et la moyenne en a été calculée. Il a été procédé de la même façon pour les durées courtes et longues du mode haute fréquence (HF).

Les principaux commentaires sont les suivants :

- Dans la gamme de sel étudiée et pour les trois modes de décongélation, la quantité d'ions Na+ liés augmente linéairement avec la teneur en sel totale ;
- La décongélation par haute fréquence semble induire une diminution (facteur $\approx 1,5$) des quantités d'ions Na+ « liés », comparées aux deux autres traitements.



Conclusion

Au vu des résultats obtenus dans le cadre de cette partie d'étude, il semble difficile de déterminer quel procédé permet d'optimiser l'aptitude technologique du minerai à saucisson. En effet, les traitements étudiés entraînent des effets plus ou moins marqués selon le critère observé.

Ainsi, sur le taux de protéines solubilisables, les traitements longs par hautes fréquences et par micro-ondes seraient plus intéressants dans le cadre d'une fabrication de saucisson puisqu'ils permettraient une meilleure liaison des produits.

Sur la couleur, il semblerait que le tempérage par micro-ondes entraîne des modifications au niveau de la clarté des produits et de l'indice de rouge. Les pains décongelés de cette façon sont en effet plus clairs.

Sur la liaison du sel aux protéines, il semblerait que la décongélation par hautes fréquences entraîne une diminution du taux de Na⁺ lié. Ceci pourrait avoir une influence sur la perception du goût salé dans les produits finis.

RÉSULTATS OBTENUS SUR LE SAUCISSON SEC

Analyses physiques

L'enregistrement des pertes de poids et de pH permet d'obtenir les cinétiques illustrées figure 6.

La cinétique de perte de poids des produits ne montre pas de différence importante entre les produits issus des différents modes de décongélation. Le tempérage par micro-onde en traitement court semble légèrement ralentir la perte de poids au séchage. Cependant l'écart observé en fin de sèche semble dû au même que celui observé en début de fabrication, cela ne permet pas de confirmer cette hypothèse.

Les cinétiques de pH (figure 7) des produits sont tout à fait normales. Les différences observées en fin de séchage sont négligeables. Les différents traitements de décongélation n'ont donc pas d'effets sur l'évolution des pH des saucissons secs.

Analyses chimiques

Les analyses ont été réalisées sur plusieurs jours mais sur un produit à chaque fois (en raison du nombre important d'analyses). Ces résultats permettent donc seulement d'avoir une idée de l'évolution chimique des produits.

Le taux de NaCl mesuré au cours du séchage permet d'obtenir la figure 8.

Figure 6
ÉVOLUTION DES PERTES DE POIDS EN %
AU COURS DU SÉCHAGE DES SAUCISSONS (SÉRIES 1 ET 2)

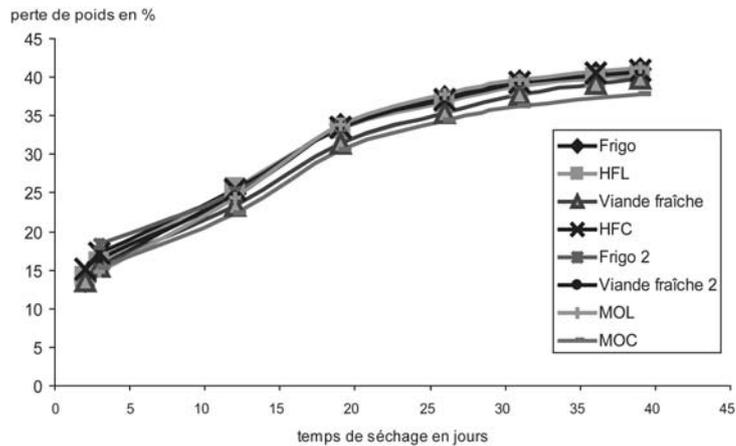


Figure 7
CINÉTIQUE DE pH AU COURS DU SÉCHAGE
DES SAUCISSONS (SÉRIE 1 ET 2)

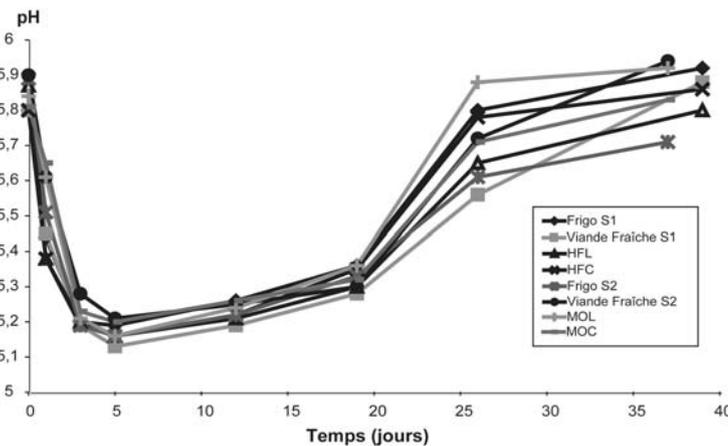
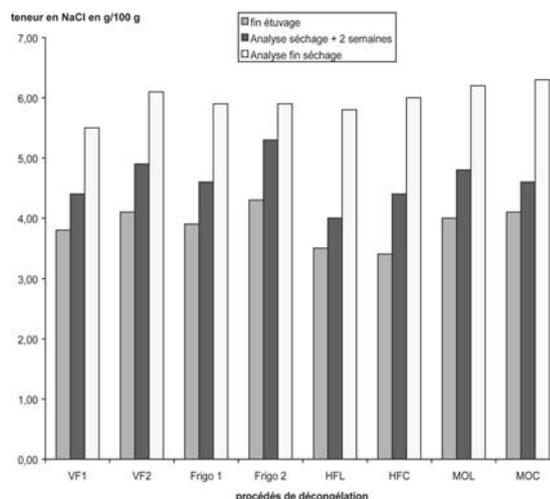


Figure 8
ÉVOLUTION DU TAUX DE NaCl
AU COURS DU SÉCHAGE DES SAUCISSONS SECS



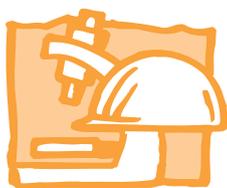


Figure 9
ÉVOLUTION DU TAUX HPD (HUMIDITÉ DU PRODUIT DÉLIPIDÉ) AU COURS DU SÉCHAGE DES SAUCISSONS SECS

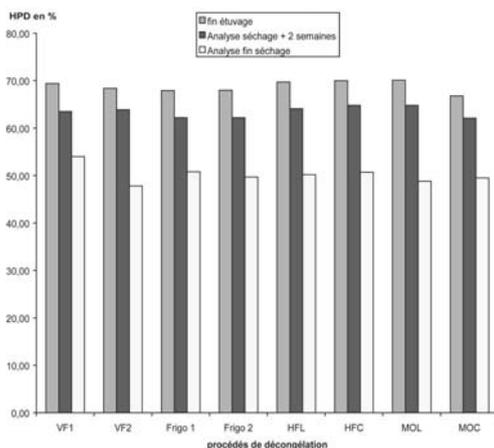
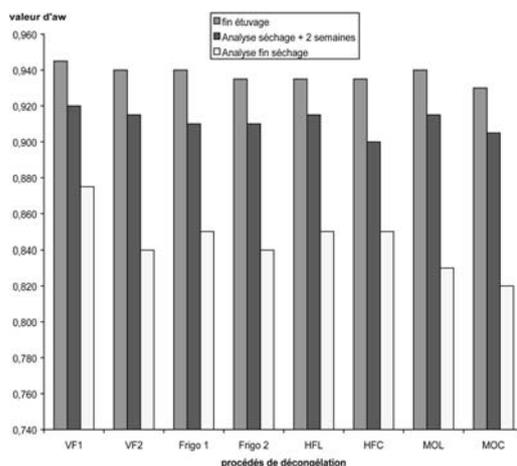


Figure 10
ÉVOLUTION DE L'aW AU COURS DU SÉCHAGE DES SAUCISSONS SECS



Ce graphique montre que les taux de sel sont comparables pour les saucissons en fin de sèche et ce, quel que soit le mode de décongélation employé.

Comme pour le taux de sel, les valeurs de HPD obtenues sont comparables quel que soit le mode de décongélation employé (figure 9).

L'aW, en fin de séchage est légèrement plus basse avec un traitement micro-onde court. Ceci montre que soit la cinétique de perte de poids obtenue précédemment avec ce type de décongélation n'était donc pas plus lente que pour les autres types de traitements (figure 10) soit la perte de poids de décongélation était supérieure pour ce traitement avant fabrication.

Analyses sensorielles

Sur l'aspect entier des produits, les saucissons se différencient au niveau du descripteur « surface blanche ». Ainsi la surface des produits HFC et HFL, MOC et VF1 est jugée plus blanche que la surface du produit frigo 2 ($p < 1\%$).

Sur l'aspect tranché des produits, les meilleurs résultats au niveau de la cohésion des tranches sont obtenus à partir des produits VF1. Les produits issus d'une décongélation par micro-ondes présentent également de bons résultats. Par contre les saucissons issus d'une décongélation par hautes fréquences (traitement court) ont une moins bonne cohésion de tranche que les saucissons secs référencés « frigo 1 » ($p < 5\%$), VF1 ($p < 0,1\%$), MOC ($p < 0,1\%$), MOL ($p < 0,1\%$) et VF2 ($p < 5\%$). Les saucis-

sons issus d'une décongélation par hautes fréquences (traitement long) paraissent également moins liés que les produits VF1 ($p < 5\%$).

Sur le plan olfactif, les produits HFC présentent des odeurs (autres odeurs) significativement plus intenses que les autres produits ($p < 5\%$).

Afin de vérifier les différences entre les produits sur les descripteurs discriminants, la comparaison 2 à 2 permet de faire les regroupements suivants :

- pour le descripteur surface blanche, les produits Frigo 1 et Frigo 2 ne sont pas significativement différents l'un de l'autre. Le produit VF1 a une surface plus intense que le produit VF2.
- Pour le descripteur « cohésion de la tranche », aucune différence significative n'a été observée entre les produits frigo 1 et frigo 2 et entre les produits VF1 et VF2.
- Pour le descripteur « odeur autre », aucune différence significative n'a été observée entre les produits frigo 1 et frigo 2 et entre les produits VF1 et VF2.

Pour conclure, la caractérisation sensorielle des saucissons secs n'a pas permis de mettre en évidence des différences en terme de goût et de texture entre différents procédés. Aucune différence de goût salé n'a été mise en évidence. Les traitements de décongélation n'entraîneraient donc pas de modification dans la liaison du sel aux protéines

Cependant, malgré la non significativité des résultats, il est à noter que le produit MOC a une texture plus moelleuse que les autres produits. Ainsi, les seuls effets statistiquement significatifs portent sur l'aspect de surface et la cohésion de tranche où les produits HFC semblent être moins liés.

Conclusion

Qu'il s'agisse des cinétiques de pertes de poids, de pH, de taux de sel, d'humidité ou d'aW, aucun effet des traitements de décongélation sur les saucissons secs n'a été mis en évidence dans le cadre de cette étape. Les analyses sensorielles le confirment puisque seul un effet au niveau de l'aspect des tranches et de l'odeur a été détecté. Le traitement HFC a néanmoins un effet négatif sur la cohésion des tranches pourtant, les résultats obtenus sur les matières pre-

mières ont montré que le taux de protéines solubilisables était identique pour le traitement HFC et pour le traitement frigo.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le cadre de la première étape, les résultats de l'enquête menée auprès des salaisonnières ont permis de retenir la température de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ à cœur comme température d'arrêt du tempéage. À cette température, l'état physique de la matière première se trouve sur le palier de décongélation. Cette phase dure suffisamment longtemps pour permettre tout d'abord de maintenir la température des produits à $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ et de travailler l'ensemble des produits (transport, salage, fabrication) dans les mêmes conditions de température.

La dimension des pains soumis à décongélation a été fixée à $30 \times 30 \times 3\text{ cm}$, les contraintes expérimentales (dimensions des matériels pilotes) ne nous ayant pas permis de travailler sur des pains de plus grandes dimensions.

Enfin, les essais de tempéage menés en 1^{re} partie de programme ont permis d'établir des protocoles de tempéage selon deux types de traitement :

- Un traitement « long » à faible puissance induisant des cinétiques de décongélation proches de ce qui est pratiqué au niveau industriel.
- Un traitement court permettant de tester une autre voie de tempéage avec une cinétique beaucoup plus rapide mais également beaucoup plus « risquée » sur le plan technologique car potentiellement plus destructrice. Cette méthodologie n'est actuellement pas appliquée industriellement mais, dans le cas où les résultats seraient encourageants, cela pourrait constituer une piste intéressante pour le développement de nouveaux types de matériels.

Les résultats obtenus dans cette étude sur le minerai à saucisson et concernant le taux de protéines solubilisables confirment les résultats parallèles obtenus avec l'épaule (non présentés dans cet article). En effet, les traitements par micro-ondes et hautes fréquences donnent de meilleurs résultats que la décongélation en chambre froide et que la matière fraîche. Le taux de protéines solubilisables étant plus élevé pour les traitements micro-ondes et hautes fréquences, cela suggère que la liaison des matières premières (paramètre technologique important pour le saucisson sec) sera meilleure. Toutefois, il semble que la durée du traitement (longue ou courte) n'ait pas eu le même effet selon qu'il s'agisse du minerai ou de l'épaule. Cette hypothèse qui pourrait éventuellement s'expliquer par les différences de teneur en gras entre l'épaule 4D et le minerai, demanderait toutefois à être confirmée. Les essais de fabrication du saucisson sec à partir de viande décongelée ou fraîche n'ont cependant pas montré d'amélioration de la cohésion des produits avec les traitements longs par hautes fréquences comme le suggéraient les taux de protéines solubilisables obtenus sur le minerai. L'effet observé est même contraire à celui attendu puisque le traitement des viandes par hautes fréquences induit une diminution de la liaison du saucisson.

Concernant le pH, qu'il s'agisse des pains de minerai ou des saucissons secs au cours du séchage, aucune différence significative n'a été mise en évidence quel que soit le procédé de tempéage mis en œuvre.

Sur la couleur, les traitements par micro-ondes ont entraîné une augmentation de la luminosité du minerai et une diminution de l'indice de rouge. Toutefois, ces différences n'ont pas été observées sur les saucissons secs.

De la même façon, la cinétique de pertes de poids des saucissons secs au cours du séchage n'a pas été influencée par les traitements de décongélation. Bien que le séchage ait semblé plus lent dans le cas de minerai décongelé par un traitement court micro-ondes, aucun résultat d'analyses chimiques (taux de sel, humidité du produit délipidé, aw) ne permet de le valider.

Enfin, sur la liaison du sel aux protéines, les analyses de Na^+ lié ont indiqué une diminution du rapport Na^+ lié/ Na^+ libre dans le cas de minerai décongelé par hautes fréquences. Cependant, il semblerait que les différences observées soient dues à des temps de congélation différents et notamment plus longs dans le cas des hautes fréquences. Ceci semble d'autant plus vrai que les analyses sensorielles réalisées sur les saucissons secs n'ont révélé aucune différence d'intensité du goût salé. Par ailleurs, qu'il s'agisse des profils de concentration en sel ou qu'il s'agisse des teneurs en sel dans les produits, les résultats obtenus dans le cadre d'une étude complémentaire sur la diffusion du sel dans la longe de porc, ne permettent pas de discriminer les différents traitements de tempéage entre eux ni même par rapport à la matière fraîche.

Les résultats de cette étude permettent de conclure que l'effet des traitements de décongélation est variable en fonction des paramètres étudiés. Toutefois, l'impact sur les produits finis (saucissons secs) est peu marqué voire même négligeable. Les tempéages par micro-ondes ou hautes fréquences présentent donc de nombreux avantages. Ils permettent tout d'abord de réduire le temps de décongélation (comparativement à une décongélation en chambre froide) induisant ainsi une meilleure réactivité.