



La technique de salage en malaxeur semble à ce jour bien maîtrisée mais présente quelques inconvénients. En effet, les paramètres techniques utilisés (vitesse de rotation, niveau de vide, cycle rotation/statique) entraînent des “temps de séjour” de la matière première dans le malaxeur (75 et 90 min pour un volume traité inférieur à 100 kg).

Cette opération de salage dynamique appliquée au foie gras constitue donc un “goulot d’étranglement” dans un procédé de fabrication industrielle.

L’objectif de cette étude est d’identifier les différents paramètres de malaxage permettant d’optimiser cette étape de fabrication en réduisant les temps de séjour dans les malaxeurs. L’opportunité d’un transfert technologique d’un matériel de salage en continu, classiquement utilisé en fromagerie (salage en lit fluidisé) est également étudiée.

Cette étude s’appuie sur l’observation des résultats de salage obtenus à partir de différents procédés (définis par un comité d’industriels). Elle n’inclut pas l’analyse des différents paramètres (procédé/produit) et leur interaction applicables aux différents procédés de salage.

Amélioration du salage

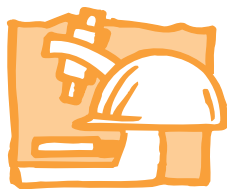
Du sel micronisé pour le foie gras

L’utilisation de sel et d’assaisonnements micronisés permet de réduire la durée de malaxage des foies gras. La technique du lit fluidisé, qui pourrait encore réduire le temps de traitement, nécessite des aménagements pour s’appliquer à cette matière première sans risques sur l’apparence du produit.

Science et technique

CORDIER G.

Service Technologie
CTCPA
32000 AUCH



MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les essais de salage ont été réalisés dans le cadre d'une fabrication de foie gras de canard entier pasteurisé.

La matière première utilisée était du foie gras de canard IGP Sud Ouest, de classe extra, dans une gamme de poids comprise entre 450 et 550 g.

Les foies ont été salés à 13 g/kg et poivrés à 2 g/kg de foie gras mis en œuvre. Le sel utilisé était du sel sec d'une granulométrie de 600 µm et de 300 µm pour les essais sel micronisé. Le poivre utilisé était, pour les essais malaxeur, du poivre blanc ionisé pulvérisé; et pour les essais lit fluidisé, de l'arôme poivre sur dextrose, dans les mêmes proportions.

Le conditionnement utilisé pour les produits finis était un bocal Eurocap diamètre 82, 230 mL.

Les procédés de salage

Salage en malaxeur sous vide

Le matériel employé pour les essais est celui le plus couramment utilisé par la profession, le malaxeur Lutetia sous vide, type 0,5 L, avec variateur de vitesse et temporisation de cycle (repos/travail) (photo 1).

PHOTO 1 :
UN MATÉRIEL CLASSIQUE...



Malaxeur sous vide Lutetia

Salage en « tunnel à lit fluidisé »

Le matériel employé pour les essais, la machine de salage continu Servy MAS 600, est utilisé dans l'industrie fromagère ou en sauriserie, il permet de réaliser un salage sur les deux faces du produit en un seul passage. Les foies gras sont disposés sur des claies et entraînés par un tapis vers un tunnel de salage (photo 2).

Photo 2 :
...ET DES ESSAIS EN CONTINU



Tunnel lit fluidisé SERVY

Les facteurs étudiés

Type de sel (assaisonnement)

Trois types de sel ont été utilisés :

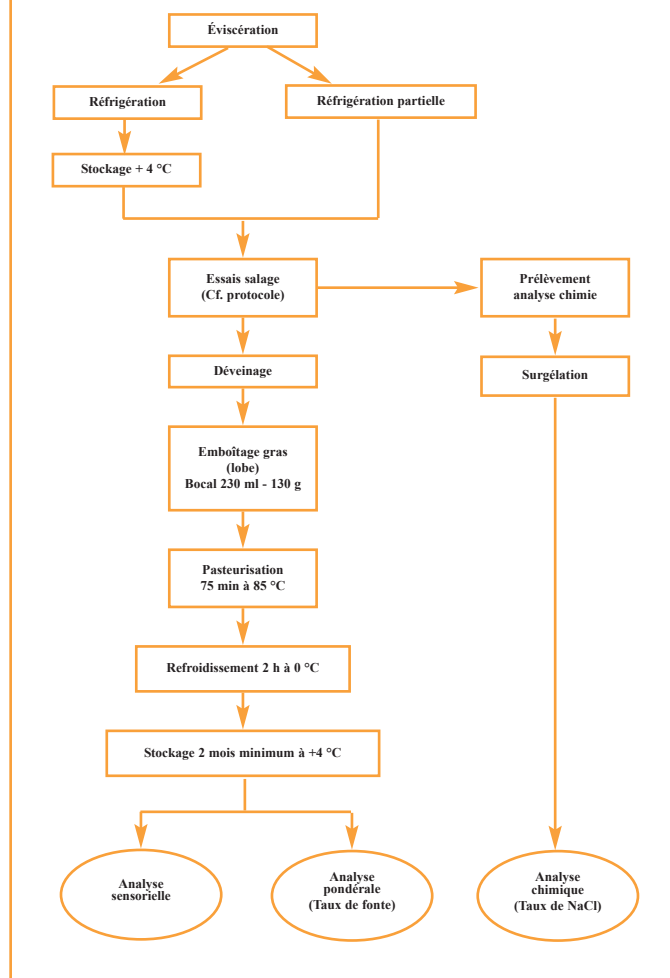
- sel sec standard, granulométrie 600 µm
- sel sec extra fin, granulométrie comprise entre 200 et 400 µm
- sel solubilisé en saumure

Les saumures mises en œuvre sont de deux types (Tableau 1)

Tableau 1 : DEUX TYPES DE SAUMURES

	« 5 % de Saumure »	« 10 % de Saumure »	
Foie	1 000	Foie	1 000
Eau	50	Eau	100
Sel	13	Sel	13
Poivre	2	Poivre	2

Figure 1 : DIAGRAMME GÉNÉRAL DE FABRICATION DES FOIES GRAS



Mode de dispersion des assaisonnements

Essai en malaxeur, deux modes de distribution

- Pour l'essai Témoin réalisé sur le site industriel: masse de foie totale 70 kg, fractionnée en 7 déposes de 10 kg environ dans le malaxeur. Chaque dépose est saupoudrée manuellement de la quantité correspondante d'assaisonnement. La distribution des assaisonnements est réalisée en mode statique.
- Pour les essais en laboratoire, la dispersion des assaisonnements utilisés est assurée par un distributeur semi-automatisé, composé d'un tube PVC perforé dont les orifices s'ouvrent et se ferment alternativement sur la longueur du tube positionné à l'intérieur de la cuve, dans l'axe du malaxeur.

La distribution des assaisonnements est réalisée de façon plus homogène dans le malaxeur, en rotation pendant 4 min à une vitesse de 0,5 t/min, soit 2 tours de rotation.

Essai de salage en lit fluidisé

Une réserve de sel, déposée sur une plaque métallique finement perforée, est fluidisée et maintenue en versement par soufflerie d'air. Dans cette configuration, le sel fluidisé adopte un comportement de liquide, il est aspiré par des buses métalliques le projetant vers les foies. La pulvérisation du sel s'effectue principalement au-dessous et sur les côtés. En fin de tunnel, un rideau de sel permet de compléter le salage au-dessus du foie. La quantité de sel déposée sur le produit est pilotée par la vitesse de défilement du tapis et distribuée par le rideau en final. Les réglages sont réalisés après les passages tests et un contrôle pondéral sur les claies.

Le visuel des foies en sortie de machine se rapproche de celui obtenu après un salage manuel, les foies ne subissant aucune contrainte mécanique.

.../

UNE SAVEUR SALÉE TRÈS VARIABLE

L'analyse sensorielle montre des différences significatives entre les échantillons testés, notamment pour le descripteur "saveur salée". D'autres différences apparaissent sur les descripteurs de défaut d'aspect (taches rouges).

On peut dégager des résultats les tendances suivantes :

- ◆ facteurs augmentant la saveur salée :
 - utilisation de sel micronisé (essai 4A);
 - salage en tunnel lit fluidisé avec un temps de repos de 75 min avant transformation (essais 5B, 6B et 13B).
- ◆ facteurs augmentant le défaut "taches rouges":
 - salage en tunnel lit fluidisé avec un temps de repos de 30 min;
 - malaxage sur foie chaud.
- ◆ facteurs réduisant le défaut taches rouges :
 - présence de saumure, Essais 9, 10, 11;
 - cycle de vide (effet "poumon"), Essai 3.

LA QUALITÉ DE LA MATIÈRE PREMIÈRE INFLUENCE LE TAUX DE FONTE

La mesure du taux de fonte est initialement réalisée pour évaluer l'incidence de celui-ci sur la saveur salée. Après calcul, il s'avère qu'il n'y a pas de corrélation entre ces deux réponses (coefficient de corrélation 0,03). Dans cette étude, le taux de fonte n'influence pas directement la saveur salée.

Une observation des taux de fonte, sur chaque essai, permet de regrouper les essais par niveau de taux de fonte moyen.

**Tableau 2 :
DOUZE MODALITÉS
ET DEUX DURÉES DE TRAITEMENT**

A	Procédé " court " : 35 min
B	Procédé " long " : 70 min
E 1	Procédé Témoin
E 2	Malaxeur vide poussé
E 3	Malaxeur avec cycle de vide
E 4	Malaxeur sel micronisé
E 5	Lit fluidisé foie entier
E 6	Lit fluidisé foie déveiné
E 7	Non réalisé
E 8	Malaxeur sur vitesse rapide (1 t/min)
E 9	Malaxeur 5 % de saumure
E 10	Malaxeur 10 % de saumure
E 11	Malaxeur 5 % de saumure + cycle de vide
E 12	Malaxeur foie " chaud "
E 13	Lit fluidisé foie chaud déveiné

Nomenclature des essais

Groupe 1 :

Taux de fonte supérieur à 20 %
- Essais : 2A et B (vide poussé),
- 10B (saumure 10 %)

Groupe 2 :

Taux de fonte compris entre 20 et 15 %
- Essais : 1A et B (témoin),
- 6A et B (foie déveiné), 10A (saumure 10 %)

Groupe 3 :

Taux de fonte compris entre 15 et 10 %
- Essais : 5A et B (lit fluidisé),
- 8A et B (rotation rapide)

Groupe 4 :

Taux de fonte compris entre 10 et 5 %
- Essais : 3A et B (cycle de vide), 4A et B (sel micronisé),
- 12A et B (foie chaud),
- 13A et B (lit fluidisé + foie chaud)

Groupe 5 :

Taux de fonte compris entre 5 et 0 %
- Essais : 9A et B (saumure 5 %)
- 11A et B (saumure 5 % + cycle de vide).

Les meilleurs résultats sont constatés sur les matières premières foies "chauds" (essais 12 et 13) et sur les foies malaxés avec 5 % de saumure (essais 9 et 11).

Les résultats sur le foie chaud s'expliquent par la nature de la matière première utilisée (faible dégradation enzymatique). Pour les essais avec 5 % de saumure, une hypothèse peut être émise: l'action de solubilisation des protéines sans altération des hépatocytes permet d'obtenir un gel protéique coagulant à la chaleur, s'opposant et réduisant le "re-largage" lipidique.

Cependant la qualité de la matière première reste le facteur prépondérant sur la réponse taux de fonte.

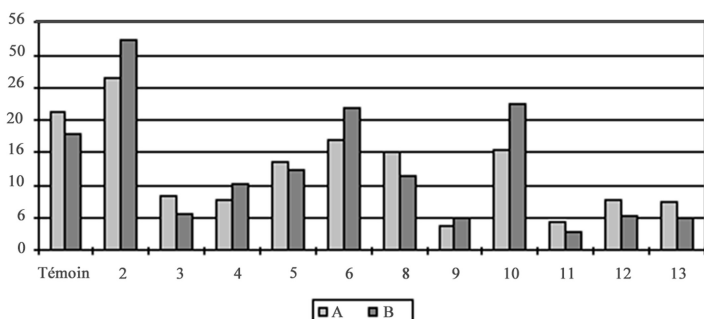
LA GRANULOMÉTRIE : PRÉPONDÉRANTE DANS LA VITESSE DE SALAGE

Les résultats des analyses de taux de NaCl révèlent, sur les essais malaxeur, un niveau de sel obtenu en fin d'opération de salage inférieur au dosage de mise en œuvre (dose de sel mise en œuvre 13 g/kg de foie, soit 1,28 %).

La moyenne des taux de sel obtenue sur les essais malaxeur de type A (procédé court) est de 0,87 %, et de 0,92 % pour les essais B (procédé long).

Les durées de procédé sur les malaxeurs augmentent significativement le taux de salage. L'essai 4A (utilisation de sel micronisé) permet d'obtenir des taux de sel plus élevés pour une technique de malaxage reprenant les paramètres d'essai 1, Témoin, avec une durée courte. La granulométrie de sel est un paramètre prépondérant dans la vitesse de salage.

**Figure 5 :
FORTES VARIATIONS DANS LE TAUX DE FONTE**



Taux de fonte moyens constatés sur chaque essai

...

MATÉRIEL ET MÉTHODES (suite)

Typologie du foie (température)

On observe le comportement des lots traités à froid et à chaud. Deux cas ont été étudiés :

- foies gras ressuyés partiellement et traités en salage le jour J d'abattage, 6 h maximum après éviscération. Ces foies sont refroidis en surface, mais ont une température à cœur de 16 °C (foie "chaud") pendant le traitement ;
- foies gras ressuyés totalement, refroidis à 10 °C à cœur dans les 2 h qui suivent l'abattage. Ces foies sont traités à J + 1 et leur température à la mise en salage est comprise entre 4 et 6 °C (foie refroidi).

Les foies seront également traités :

- non déveinés, pratique la plus courante chez les industriels ;
- déveinés avant salage.

Niveau de vide

Pour les essais de malaxeur sous vide, trois modalités de mise sous vide ont été réalisées :

- niveau de vide standard utilisé par la profession, soit - 0,6 bar en continu pendant l'ensemble du procédé ;
- niveau de vide poussé avec un vide supérieur à - 0,8 bar, également appliqué en continu ;
- niveau de vide à - 0,6 bar avec effet "poumon", remise en pression atmosphérique suivie de la mise sous vide pendant les phases dynamiques.

Vitesse de rotation

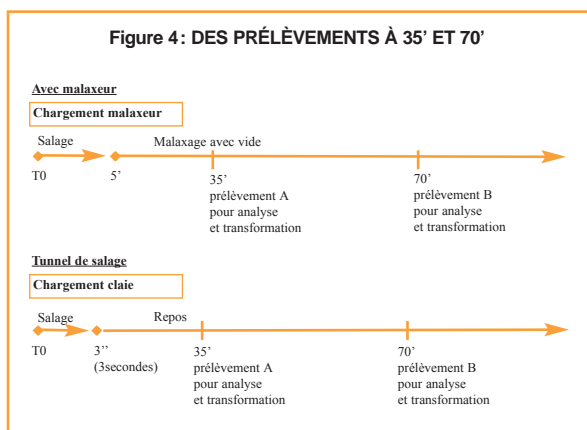
Deux vitesses de cuve ont été utilisées :

- vitesse standard de 0,5 t/min ;
- vitesse rapide de 1 t/min pour un essai.

Durée du procédé

Deux durées de procédé :

- court : 35 min (A)
- long : 70 min (B)



Plan des expérimentations

Suite à l'identification des deux matériels et des différents facteurs précités pour le salage, 12 essais ont été réalisés et évalués par :

- une analyse biochimique (taux de sel) ;
- une analyse sensorielle ;
- une analyse du taux de fonte.

A noter que sur les 13 essais prévus initialement, l'essai 7, utilisant un salage par un distributeur à rideau, n'a pas été réalisé car il a été jugé trop pénalisant en emploi de main-d'œuvre (2 passages).

La numérotation est identique au protocole initial (n° 1 à 13), l'essai n° 7 n'apparaît donc pas dans les résultats.

Méthode d'évaluation des procédés de salage

Les prélèvements sont utilisés pour la réalisation d'analyses pondérales chimiques et sensorielles.

Modalités de prélèvement (Figure 4)

Vingt foies sont nécessaires à chaque prélèvement (seul le gros lobe est gardé pour l'analyse sensorielle).

Pour le salage en malaxeur, le placement est effectué dans trois zones :

- 3 foies devant ;
- 4 foies au milieu ;
- 3 foies au fond.

Pour le tunnel de salage en lit fluidisé, les 20 foies de chaque lot sont disposés sur une claie et subissent le même traitement. Les foies destinés à l'analyse sont conditionnés individuellement en poche scellée, puis surgelés dans les 4 h. L'analyse est réalisée sur le produit cru.

Les foies destinés à l'analyse sensorielle et aux tests de fonte sont traités par une méthode de fabrication classique :

- déveinage ;
- piécage ;
- emboîtement 180/190 g ;
- pasteurisation pendant 75 min à 85 °C - VP 400 ;
- stockage 2 mois à + 4 °C.

Plan d'échantillonnage

Analyse sensorielle : 10 foies prélevés à 35 et 70 min de traitement (prélèvements A et B) :

- profil sensoriel sur produit pasteurisé ;
- aspect ;
- texture ;
- note salage.

Homogénéité de la répartition du sel au cours de l'opération malaxage : 10 foies prélevés à 35 et 70 min de traitement :

- mesure du taux de sel sur foie cru entier broyé surgelé.

Mesure du taux de fonte :

- à l'ouverture des boîtes pasteurisées pour l'analyse sensorielle.

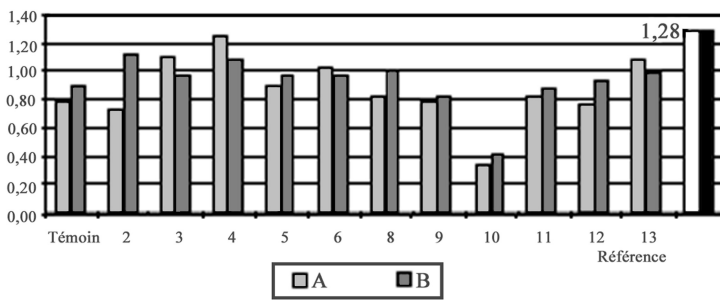
Tableau 3 : 12 ESSAIS EFFECTIFS

N° essai	Type sel	Mode distribution	Malaxeur	Niveau de vide	Température foies	Vitesse rotation	Quantité
E 1 Témoin	Sel fin	Manuel	Oui	-0,6 bar continu	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 2	Sel fin	Mécanisée	Oui	Vide poussé - 0,8 bar	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 3	Sel fin	Mécanisée	Oui	Cycles	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 4	Sel micronisé	Mécanisée	Oui	- 0,6 bar continu	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 5	Sel fin	Lit fluidisé	Non	Sans vide	Foie refroidi		20 kg
E 6	Sel fin	Lit fluidisé	Non	Sans vide	Foie refroidi et déveiné		20 kg
E 7	← Non réalisé →						
E 8	Sel fin	Mécanisée	Oui	- 0,6 bar continu	Foie refroidi	1 t/min	70 kg
E 9	Saumure 5 %	Pulvérisation	Oui	- 0,6 bar continu	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 10	Saumure 10 %	Pulvérisation	Oui	- 0,6 bar continu	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 11	Saumure 5 %	Pulvérisation	Oui	Cycles	Foie refroidi	0,5 t/min	70 kg
E 12	Sel fin	Mécanisée	Oui	- 0,6 bar continu	Chaud	0,5 t/min	70 kg
E 13	Sel fin	Lit fluidisé	Non	Sans vide	Chaud et déveiné	0,5 t/min	20 kg
TOTAL							760 kg

En gras : essais réalisés sur des sites industriels. L'essai n° 1 Témoin est réalisé dans les conditions habituelles de fabrication de l'entreprise.

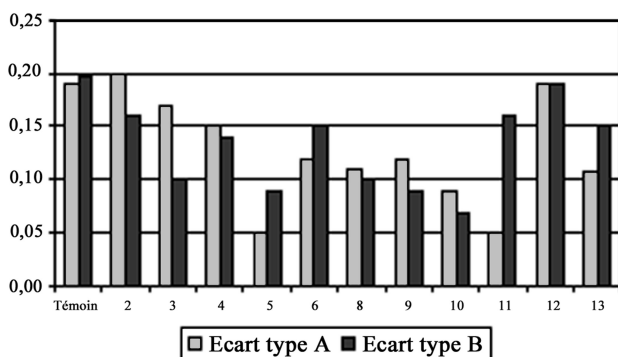
Plan d'expérimentations

Figure 6 :
LE LIT FLUIDISÉ POUR LES FAIBLES TAUX



Taux de NaCl moyens constatés sur chaque essai

Figure 7 :
PAS D'EFFET DURÉE SUR L'HOMOGÉNÉITÉ DE SALAGE



Écarts-types des taux de NaCl constatés sur chaque essai

Sur le tunnel lit à fluidisé, le réglage préalable de la vitesse de passage permet de distribuer la quantité de sel souhaitée. Ce système de salage semble bien adapté pour des taux d'assaisonnement faibles (de 1 à 1,5 %).

LE MALAXAGE RÉPARTIT MAL LE SEL

L'essai 1 Témoin, réalisé sur un site industriel, donne les résultats de taux de sel suivants :

Essai 1A (35 min) :
moyenne : 0,78 % $\sigma-1$: 0,19 %
Essai 1B (70 min) :
moyenne : 0,90 % $\sigma-1$: 0,20 %

Les écarts-types constatés sur les analyses de NaCl pour un même essai permettent d'identifier les problèmes d'homogénéité de salage sur les techniques par malaxage. Cependant, les résultats obtenus semblent suffisants pour atteindre l'objectif sensoriel souhaité par la profession.

On constate que l'augmentation du temps de malaxage n'améliore pas l'homogénéité du salage. On peut

considérer que la répartition du sel intervient sur les premiers tours de cuve, ensuite le sel commence à pénétrer dans le foie et ne se disperse que très modérément vers d'autres foies ou parties de foies. La distribution du sel dans le malaxeur reste un paramètre prépondérant dans l'homogénéité du salage. Le malaxeur ne peut pas être considéré comme un bon "mélangeur", notamment sur de faibles quantités d'assaisonnement à répartir.

LE SALAGE EN TUNNEL EST PLUS PRÉCIS

Le matériel de salage : malaxeur/tunnel

- Les taux de sel obtenus par salage en tunnel sont proches de l'objectif des taux de salage souhaité (1,26 %) par rapport au salage en malaxeur (teneur inférieure). Ceci s'explique par les pertes d'assaisonnement durant les opérations de transfert des foies (malaxeur/bloc), et sur les parois du malaxeur. La technique du tunnel engendre moins de pertes

d'assaisonnement en raison du mode de transfert des foies (les foies restent dans une même clayette).

- Homogénéité de salage. Au vu des résultats, et en comparant les niveaux d'homogénéité obtenus sur le malaxeur, les essais en lit fluidisé donnent une homogénéité de salage légèrement supérieure. L'effet répartition des ingrédients d'assaisonnement est une fois de plus considéré comme capital pour l'homogénéité ; le tunnel de salage en lit fluidisé présente de bonnes performances de répartition du sel.

Les paramètres de salage en malaxeur

Agissant sur la quantité de sel :
- durée du procédé (durée \nearrow taux de sel \nearrow) ;
- sel micronisé (granulométrie \searrow - taux de sel \nearrow).

Agissant sur l'homogénéité du salage :
- vitesse de rotation (vitesse \nearrow - homogénéité \nearrow) ;
- vide par cycle ;
- utilisation de saumure (10 % d'eau).

Aucune interaction entre ces facteurs ne peut être établie avec ce plan d'expérimentations composé d'essais indépendants. Il s'agit de tendances permettant d'orienter les évolutions des paramètres, dans les procédés de salage par malaxage en usine.

Les paramètres de salage en tunnel

Agissant sur la quantité de sel :
- durée du procédé (durée repos après passage en tunnel \nearrow - taux de sel \nearrow).

Agissant sur l'homogénéité du salage :
- typologie foie (foie déveiné - homogénéité \searrow).

L'ANALYSE SENSORIELLE CONFIRME LA CHIMIE

La corrélation taux de NaCl sur le produit cru et la note saveur "salée" sur le produit fini sont les suivantes :

- essais de type A (durée 35 min), le coefficient de corrélation est de 0,83 ;
- essais de type B (durée 70 min), le coefficient de corrélation est de 0,77.

La mesure du taux de sel sur le produit cru en sortie de procédé de salage donne donc une indication sur l'appréciation sensorielle saveur "salée" du produit fini malgré les variabilités liées à la matière première.

Les paramètres « procédé » agissant sur le taux de sel sont identifiés de façon similaire par les résultats des analyses chimiques et sensorielles.

TROP DE TACHES ROUGES EN LIT FLUIDISÉ

Le tableau 4 permet de comparer les différents essais au procédé

industriel (témoin) sur les réponses les plus significatives :

- % NaCl sur le foie cru en sortie de salage;
- homogénéité du % de NaCl;
- saveur "salée" (réponse sensorielle);
- présence de taches rouges (réponse sensorielle).

Les facteurs significatifs de chaque essai sont regroupés.

LE LIT FLUIDISÉ À AFFINER POUR LES GROS VOLUMES

On peut donc conclure que l'amélioration de la technique de salage passe, dans un premier temps, par l'attention particulière à apporter

lors de l'introduction du sel dans le malaxeur et par le choix de sel et d'assaisonnement micronisé (inférieur à 300 µm).

En ce qui concerne l'utilisation de tunnel à lit fluidisé, il s'agit d'une technique qui nécessite une adaptation spécifique au foie gras (création de caisson sous vide après passage en tunnel, assaisonnement spécifique...) et uniquement réservée à des volumes très élevés.

Tableau 4:
COMPARATIF DES DIFFÉRENTS ESSAIS ET DU PROCÉDÉ INDUSTRIEL (TÉMOIN)

Essais	Facteurs	% NaCl	Homogénéité	Saveur "salée"	Taches rouges
B (LONG)	DURÉE DU PROCÉDÉ	↑	=	Ne	Ne
2	Vide poussé - 0,8 b	=	=	Ne	↗
3	Cycle vide	=	=	Ne	↓
4	Sel micronisé	↑	↗	↗	=
5	Sel lit fluidisé	↗	↑	↗	↑
6	Lit fluidisé + déveiné	↗	↗	↗	↑
8	Vitesse de rotation	=	↑	=	=
9	Saumure 5 %	↘	=	↘	↑
10	Saumure 10 %	↓	↘	↓	↑
11	Saumure 5 % + cycle vide	↘	=	↘	↑
12	Foie " chaud "	=	=	=	↑
13	Lit fluidisé et foie " chaud "	↗	↘	=	↑

Légende : ↑ augmentation forte - ↗ augmentation - ↓ diminution forte - ↘ diminution
= équivalent en teneur - Ne: résultat non exploitable