



Maîtrise de la technologie de la fumée liquide.

Partie I : équivalence fumage traditionnel – fumage par atomisation de fumée liquide

LEÏLA MEKHTICHE ET JEAN-LUC MARTIN

CTSCCV, 7 avenue du général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex
Service Technologie-Environnement

INTRODUCTION

Cet article présente les principaux résultats obtenus au cours de l'étude réalisée dans le cadre du programme ACTIA RA 98.16 "Maîtrise de la technologie de la fumée liquide".

Les doutes concernant l'origine de la fumée liquide (est-elle le produit d'une fabrication "chimique" ?) ont été levés depuis longtemps (cf. le principe de préparation de la fumée liquide ; *Bulletin de Liaison du CTSCCV* 1999, vol.9, n°3).

Les avantages non négligeables du fumage par fumée liquide vis-à-vis de la sécurité (pas de risque d'explosion et / ou d'incendie, absence de goudrons et d'hydrocarbures polycycliques aromatiques), de l'environnement (absence d'émission de polluants dans l'atmosphère), et de l'aspect technologique (facilité d'utilisation...) sont également bien identifiés (cf. *Bulletin de Liaison du CTSCCV* 1999, vol.9, n°3).

Cependant, les moyens disponibles pour mieux appréhender les résultats pouvant être obtenus avec ce système restent limités, dans la mesure où les fournisseurs proposent aux utilisateurs potentiels de réaliser des essais sur site, les résultats obtenus restant confidentiels et propres à l'entreprise concernée.

Le but de cette étude n'est pas de comparer entre elles les différentes fumées liquides étudiées mais, plus globalement, de comparer le fumage par revaporisation de fumée liquide au fumage traditionnel, et de fournir aux professionnels une connaissance objective des paramètres qui régissent cette technologie et les résultats qui peuvent en découler.

DÉFINITIONS

- LE FUMAGE TRADITIONNEL consiste à produire directement de la fumée à l'aide d'un générateur à pyrolyse, à partir de bois (sciure bûche,...).

- LE FUMAGE PAR FUMÉE LIQUIDE est effectué par atomisation ou revaporisation. En effet, d'un point de vue réglementaire, seule cette pratique est considérée comme équivalente au fumage traditionnel (cf. *Bulletin de Liaison du CTSCCV* 1999, vol.9, n°5).

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide.

Partie I : équivalence fumage traditionnel

- fumage par atomisation de fumée liquide

Le programme de recherche, axé sur le fumage de saucisses à pâte fine (type Francfort), est réalisé en plusieurs étapes complémentaires :

► **ÉTAPE 1 - Détermination des conditions du fumage traditionnel**

- **Améliorer la connaissance** de l'existant en termes de fumage de saucisses à pâte fine, pour définir **deux niveaux de fumage**, utilisés comme références dans la suite de l'étude.

- Détermination de barèmes de fumage traditionnel, réalisés au CTSCCV, qui permettent de se rapprocher au mieux des deux niveaux de référence.

► **ÉTAPE 2 - Choix des barèmes de fumage par atomisation de fumée liquide**

- **Approfondissement** des connaissances sur le fumage par fumée liquide, notamment grâce à la contribution des fournisseurs de fumées liquides.

- **Détermination**, pour chaque fumée liquide, de deux barèmes équivalents à ceux du fumage traditionnel (par rapport à la couleur de surface).

► **ÉTAPE 3 - Comparaison du fumage traditionnel et du fumage par atomisation de fumée liquide**

La comparaison est effectuée à partir de ces barèmes équivalents, par rapport à des critères technologiques (rendement de fabrication), physico-chimiques (composition chimique des produits finis), microbiologiques (stabilité au cours de la conservation) et sensoriels.

► **ÉTAPE 4 - Étude des paramètres influençant les résultats du fumage par atomisation de fumée liquide**

A partir des barèmes de fumage par fumée liquide mis en œuvre au cours de la comparaison avec le fumage traditionnel, l'influence de paramètres tels que la durée de l'étuvage préalable, la température et l'humidité relative au cours du fumage, est étudiée.

L'objectif est d'essayer de déterminer les conditions globales de traitement thermique qui, à partir de mêmes cycles de fumage par fumée liquide, permettent d'améliorer ou non les résultats obtenus.

Ce premier article rend compte des deux premières étapes de l'étude.

1. ÉTAPE 1 - DÉTERMINATION DES CONDITIONS DU FUMAGE TRADITIONNEL

L'objectif de cette étape est de définir les conditions du fumage traditionnel qui serviront de référence pour la comparaison avec le fumage par atomisation de fumée liquide.

Pour cela, nous avons cherché à :

- dans un premier temps, améliorer la connaissance de l'existant en terme de fumage de saucisses à pâte fine, en collaboration avec l'association Alsace-Qualité ;

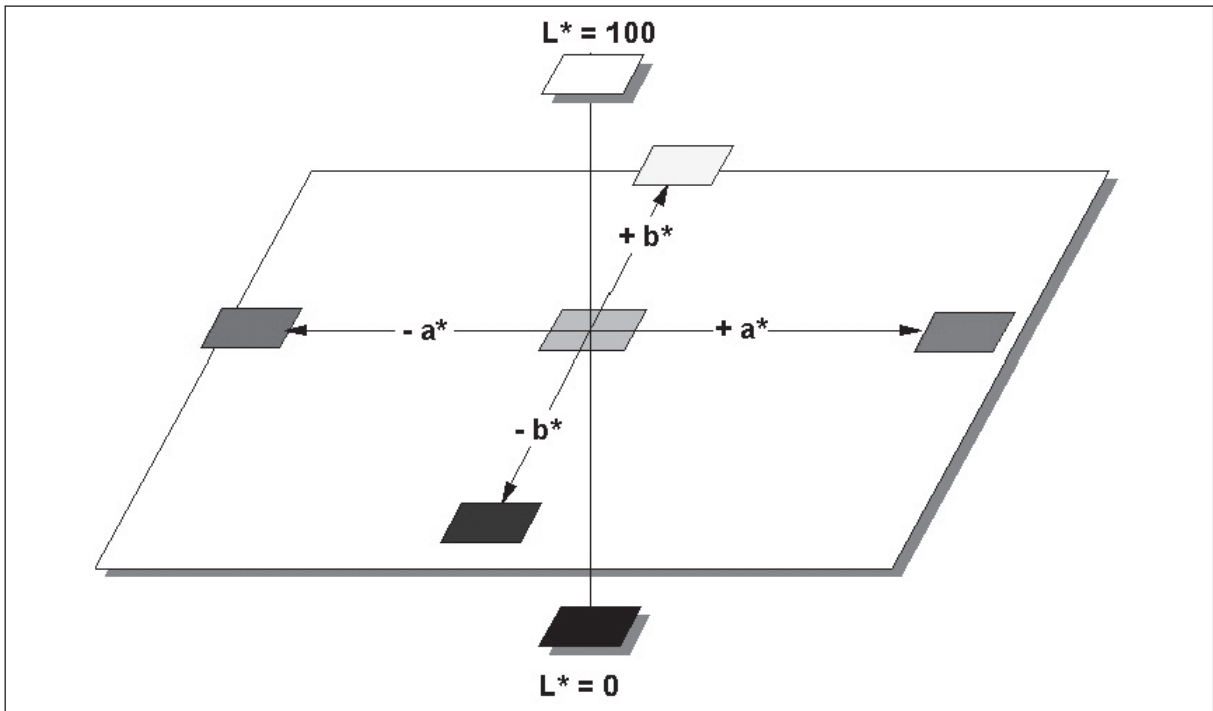
- et ensuite, définir des conditions de fumage, réalisé dans l'atelier de Technologie du CTSCCV, qui permettent de se rapprocher au mieux des résultats de couleur de surface obtenus sur les produits alsaciens.

1.1. MESURES COLORIMÉTRIQUES

Le critère "**couleur de surface**" apparaît comme le plus pertinent vis-à-vis du choix du consommateur pour définir les barèmes de fumage (plutôt que la teneur en phénols, par exemple). Le seul type de mesure mis en œuvre au cours de cette étape est donc la colorimétrie.

Les mesures colorimétriques en surface des saucisses sont effectuées selon le système CIE Lab (1976) à l'aide d'un spectrocolorimètre MINOLTA CM 2002. Les valeurs mesurées sont les coordonnées trichromatiques L* (luminosité), a* (indice de rouge) et b* (indice de jaune) (voir **graphique 1**).

Trois mesures de couleur sont effectuées sur chaque échantillon.



GRAPHIQUE 1. Système de coordonnées trichromatiques L^* , a^* , b^* (CIELAB 1976)

Les résultats sont exprimés sous forme des coordonnées a^* et b^* (L^* est très peu représentative de la couleur des produits carnés et dépend beaucoup de l'état de surface, humidité en particulier, au moment de la mesure).

La valeur de a^* est prise en compte préférentiellement à celle de b^* , car elle est plus représentative dans le domaine de couleur étudié.

1.2. CARACTÉRISATION DE LA COULEUR DE RÉFÉRENCE DES SAUCISSES

A partir des informations techniques et des produits fabriqués dans 5 entreprises, l'objectif est de déterminer **deux niveaux de fumage**, utilisés comme références dans la suite de l'étude. Les produits fournis pas les adhérents d'Alsace-Qualité sont complétés par d'autres, achetés dans le commerce.

Les mesures de couleur effectuées sur 8 des produits de référence étudiés au départ sont prises en compte (voir **tableau 1**).

Le **graphique 2** permet de visualiser le positionnement des saucisses dans l'espace (a^* , b^*).

Ce graphique met en évidence des différences de couleur qui permettent de définir trois niveaux par rapport à l'indice de rouge (a^*) :

- niveau 1 : A, G et H,
- niveau 2 : B et D,
- niveau 3 : C, E et F.

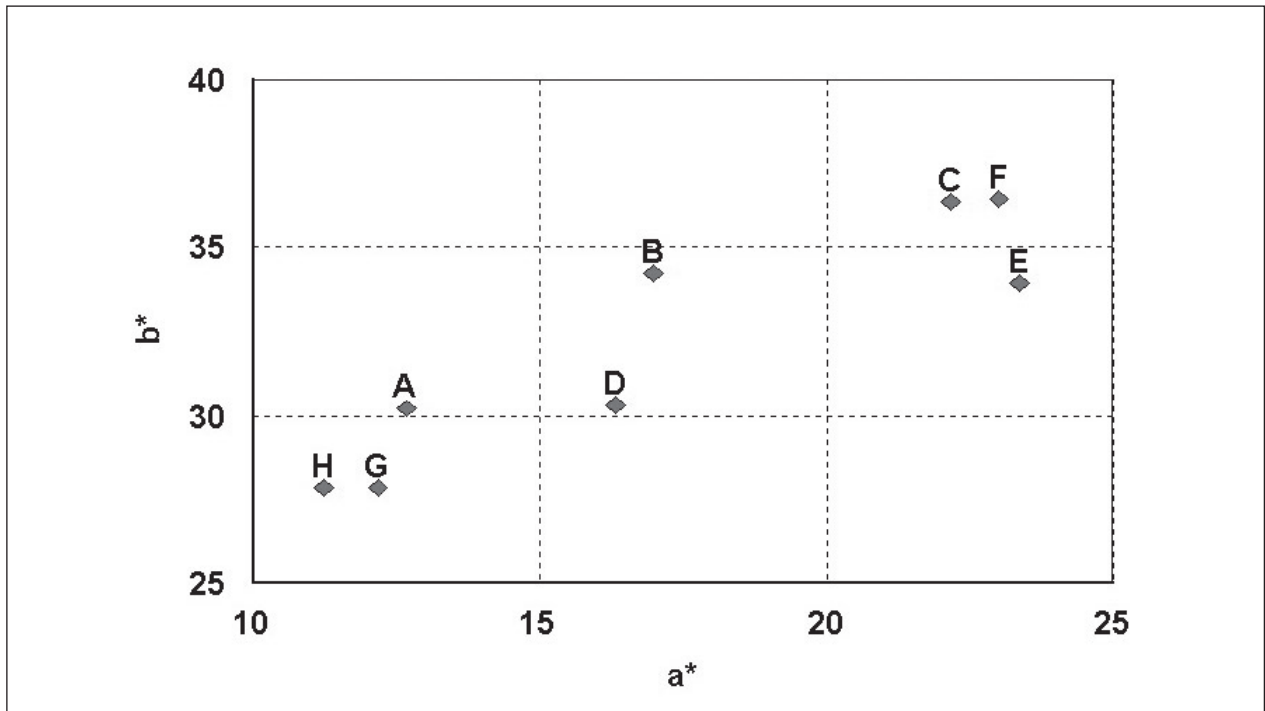
En retenant une variation de 2 unités autour des moyennes de a^* et b^* , les trois zones peuvent être définies comme montré dans le **tableau 2**.

Les zones sont bien différenciées par rapport à a^* , comme le montre le **graphique 3**.

| code | a^* | b^* |
|------|-------|-------|
| A | 12,68 | 30,23 |
| B | 16,97 | 34,21 |
| C | 22,16 | 36,35 |
| D | 16,33 | 30,33 |
| E | 23,37 | 33,94 |
| F | 23,00 | 36,44 |
| G | 12,18 | 27,86 |
| H | 11,23 | 27,88 |

TABLEAU 1. Produits de référence : valeurs moyennes d'indice de rouge (a^*) et de jaune (b^*)

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide. Partie I : équivalence fumage traditionnel – fumage par atomisation de fumée liquide



GRAPHIQUE 2. Produits de référence : répartition des saucisses de Francfort dans l'espace (a*, b*)

| niveau | a* | b* |
|--------|--|--|
| | inférieure < moyenne < supérieure | inférieure < moyenne < supérieure |
| 1 | 10,03 < 12,03 < 14,03 | 26,66 < 28,66 < 30,66 |
| 2 | 14,65 < 16,65 < 18,65 | 30,27 < 32,27 < 34,27 |
| 3 | 20,84 < 22,84 < 24,84 | 33,58 < 35,58 < 37,58 |

TABLEAU 2. Produits de référence : valeurs de a* et b* prises en compte pour la définition des zones de fumage

1.3. DÉTERMINATION DES BARÈMES DE FUMAGE "TRADITIONNEL" PERMETTANT D'OBTENIR LES NIVEAUX DE COULEUR DE SURFACE DE RÉFÉRENCE

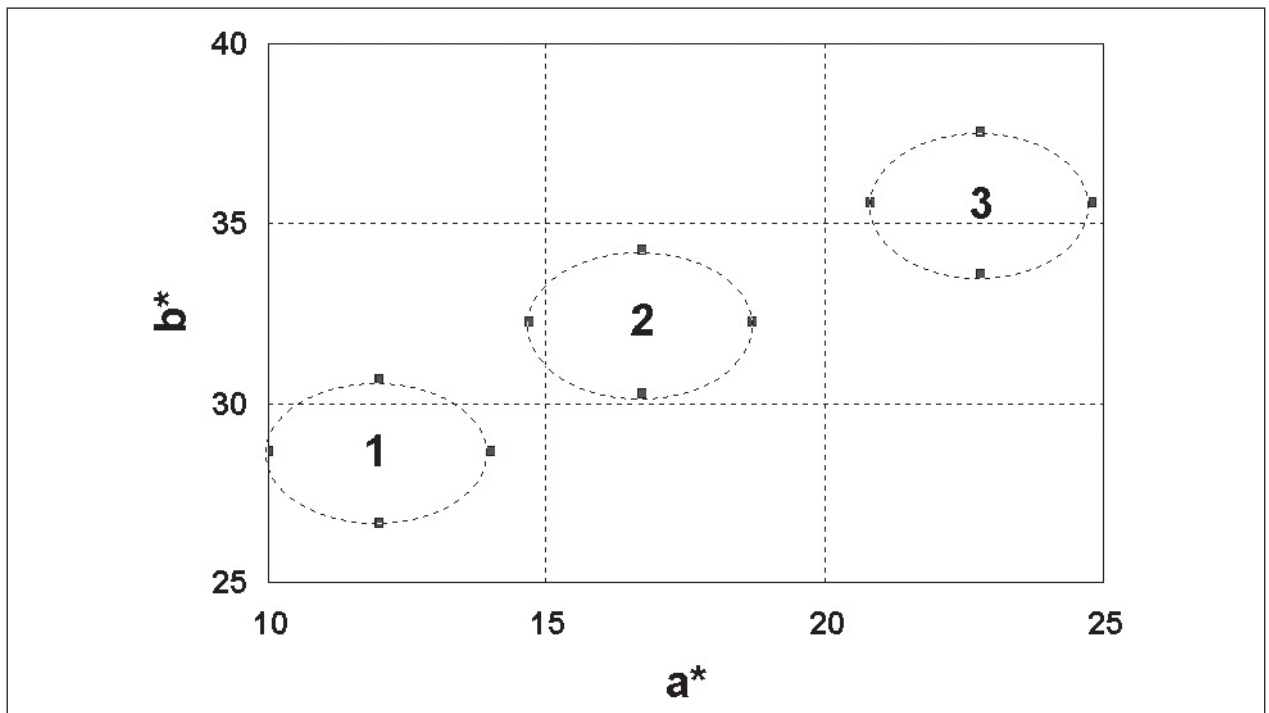
L'objectif de ce travail est d'obtenir les mêmes résultats concernant les zones de couleur des produits de référence, à partir de saucisses fabriquées et fumées par la méthode "traditionnelle", au CTSCCV.

1.3.1. Fabrication des saucisses

La formulation mise en œuvre est présentée dans le **tableau 3**.

| Composants | % |
|--|--------------|
| maigre d'épaule | 47,0 |
| gras de bardière | 30,0 |
| glace | 20,0 |
| sel nitrité (NaCl à 0,6% de nitrite de sodium) | 1,7 |
| caséinate de sodium | 1,0 |
| polyphosphates | 0,3 |
| TOTAL | 100,0 |

TABLEAU 3. Composition de la pâte fine



GRAPHIQUE 3. Produits de référence : détermination des trois niveaux de fumage

La préparation des saucisses est effectuée selon le procédé suivant :

- prébroyage du maigre et du gras à la grille de 8 mm ;
- fabrication de la pâte fine au cutter (Trijumelée MANHURIN) ;
- poussage de la pâte sous boyau collagénique de 20 mm de diamètre (poussoir sous vide VILLA) ;
- stockage des saucisses au froid et sous vide partiel, pour les conserver jusqu'à leur traitement.

Le traitement thermique (étuvage - fumage - cuisson) est réalisé dans une cellule THIRODE P40, équipée d'un générateur produisant la fumée par pyrolyse.

La sciure de hêtre (Savour Hêtre, fournie par la société Parisienne de Sciure), est préalablement humidifiée à un taux de 20% pour assurer un fumage correct.

Plusieurs durées de fumage sont testées : 10, 20, 30, 35 et 40 minutes.

1.3.2. Résultats

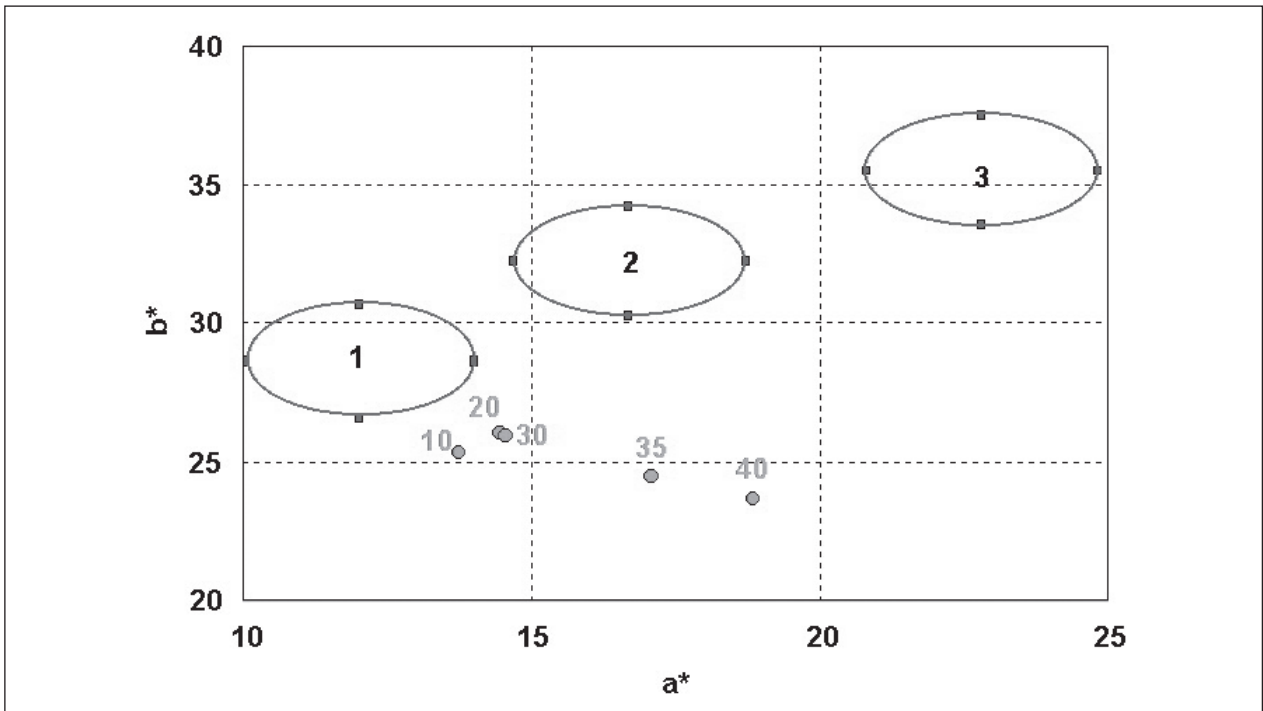
Les résultats obtenus sont caractérisés par des mesures de couleur de surface (voir **tableau 4**).

Le graphique 4 met en évidence le positionnement de ces différents fumages par rapport aux niveaux de fumage de référence.

| durée de fumage (min) | a* | b* |
|-----------------------|-------|-------|
| 10 | 13,73 | 25,40 |
| 20 | 14,46 | 26,08 |
| 30 | 14,56 | 25,98 |
| 35 | 17,08 | 24,56 |
| 40 | 18,83 | 23,70 |

TABLEAU 4. Fumage traditionnel CTSCCV : indices de rouge (a*) et de jaune (b*) obtenus sur les saucisses de Francfort

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide. Partie I : équivalence fumage traditionnel – fumage par atomisation de fumée liquide



GRAPHIQUE 4. Fumage traditionnel CTSCCV : positionnement par rapport aux niveaux de fumage de référence

Malgré l'étendue des durées de fumage pratiquées, il ne nous est pas possible d'aboutir à des fumages équivalents aux trois niveaux de référence. En particulier, aucune valeur ne se rapproche du niveau 3.

C'est pourquoi deux niveaux de référence de fumage traditionnel sont pris en compte,

correspondant aux deux durées extrêmes : 10 et 40 minutes. Les barèmes complets de traitement thermique pour le fumage traditionnel sont donc tels que décrits dans le **tableau 5**.

Les deux barèmes ainsi définis sont identifiés respectivement T1 (pour le niveau 1) et T2 (pour le niveau 2).

| | | Température (°C) | Humidité relative (%) | Durée (min) |
|-----------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------|
| Étuvage | | 65 | 60 | 20 |
| Fumage | niveau 1 | 65 | 100 | 10 |
| | niveau 2 | 65 | 100 | 40 |
| Cuisson | | 75 | 100 | 35 |
| Refroidissement (douchage) | | 15 | 100 | 5 |

TABLEAU 5. Fumage traditionnel : barèmes complets (niveaux 1 et 2)

2. ÉTAPE 2 - CHOIX DES BARÈMES DE FUMAGE PAR ATOMISATION DE FUMÉE LIQUIDE

L'étude est réalisée en prenant en compte chacune des 3 fumées liquides (une par fournisseur), comparativement au fumage traditionnel, pour lequel est mis en œuvre le barème mentionné ci-dessus.

La méthodologie est la suivante :

Différents essais de fumage par atomisation de fumée liquide (à partir des indications données par le fournisseur) sont réalisés pour déterminer les barèmes qui permettent de se rapprocher au mieux des deux barèmes de référence T1 et T2.

Le critère pris en compte est la couleur de surface, caractérisée par les écarts Δa^* et Δb^* : une étude statistique des différences est menée, avec un positionnement graphique dans l'espace (Δa^* , Δb^*).

2.1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1.1. Fabrication des saucisses

La méthode de fabrication est identique à celle mise en œuvre lors de l'étape 1.

2.1.2. Mesures de couleur

On emploie la même méthode de mesure que lors de l'étape 1.

La caractérisation des effets du fumage est assurée à l'aide des écarts d'indices entre les saucisses après et avant fumage (Δa^* et Δb^*) :

$$\Delta a^* = a^*_{\text{saucisse fumée et cuite}} - a^*_{\text{saucisse fraîche}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{saucisse fumée et cuite}} - b^*_{\text{saucisse fraîche}}$$

2.1.3. Analyse statistique

La méthode statistique utilisée est un test de comparaison de deux moyennes m_A et m_B observées sur deux échantillons de n_A et n_B , dont au moins un est petit ($n < 30$). Elle est basée sur la valeur de :

$$t = \frac{m_A - m_B}{\sqrt{\frac{s_2^2}{n_A} + \frac{s_2^2}{n_B}}}$$

où s_2 désigne l'estimation de la variance, supposée commune, par la formule :

$$s_2 = \frac{\sum(x - m_A)^2 + \sum(x - m_B)^2}{n_A + n_B - 2}$$

Si t est inférieur en valeur absolue à la valeur lue dans la table de t pour un degré de liberté égal à $n_A + n_B - 2$ et le risque 5%, la différence n'est pas significative (notée NS dans les tableaux de résultats). Dans le cas contraire, elle est significative ($p < 0,05$) et le risque indiqué par la table pour la valeur absolue de t trouvé, fixe le degré de signification (noté par * dans les tableaux de résultats).

2.2. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Pour chaque fumée liquide, on recherche le barème de fumage qui permet d'approcher le plus possible les résultats obtenus avec le barème de référence en fumage traditionnel.

2.2.1. Fumée liquide A

Le cycle de fumage préconisé par le fournisseur de la fumée A est constitué de 3 phases consécutives : injection de la fumée liquide, repos (pas d'injection, pas de ventilation), puis ventilation.

Plusieurs durées de fumage sont testées : 5, 10, 15, 20 et 25 minutes.

Les moyennes des écarts Δa^* sont indiquées dans le **tableau 6**.

- Pour **T1**, deux durées de fumage sont envisageables : 5 et 10 minutes. Elles permettent toutes les deux d'obtenir une couleur de surface qui ne présente pas de différence significative avec celle obtenue par le fumage traditionnel de référence.

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide.

Partie I : équivalence fumage traditionnel – fumage par atomisation de fumée liquide

| Durée de fumage (min) | Δa^* | Significativité de la différence | |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | T1 $\Delta a^* = 10,66$ | T2 $\Delta a^* = 15,21$ |
| 5 | 12,08 | NS | * |
| 10 | 13,74 | NS | * |
| 15 | 14,86 | * | NS |
| 20 | 14,40 | * | NS |
| 25 | 17,18 | * | * |

TABLEAU 6. Fumée liquide A : mesures colorimétriques pour les différents cycles de fumage testés

- Pour **T2**, le barème est choisi après l'étude graphique (voir **graphique 5**).

Ce graphique confirme le choix d'une durée de fumage de **5 minutes** pour **T1** : le point correspondant est situé parfaitement dans la zone de niveau 1 du fumage traditionnel.

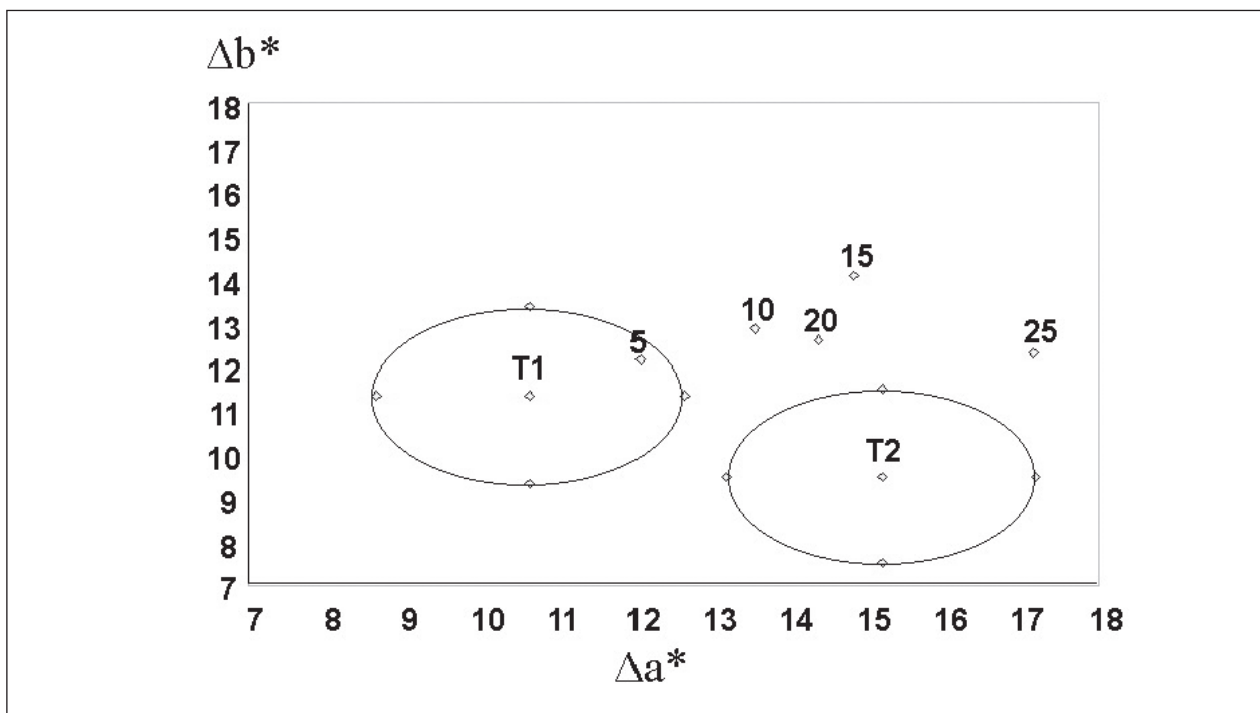
Pour **T2**, la durée de **25 minutes** est choisie : elle correspond à un point extrême, qui semble préférable pour étudier de véritables différences. Il se situe à l'extrême limite de la zone de niveau 2 pour Δa^* .

2.2.2. Fumée liquide B

Le barème de fumage préconisé par le fournisseur de la fumée liquide B est constitué d'un seul cycle, dont la durée est directement déterminée par celle de la phase d'injection de fumée.

Différents temps de fumage sont étudiés : 21, 22, 23, 24, 26 et 28 minutes.

Les moyennes des écarts Δa^* sont présentées dans le **tableau 7**.



GRAPHIQUE 5. Fumée liquide A : positionnement des différents cycles de fumage testés

| | | T1 $\Delta a^* = 10,66$ | T2 $\Delta a^* = 15,21$ |
|------------------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| Durée de fumage (min) | Δa^* | Significativité de la différence | |
| 21 | 12,38 | NS | * |
| 22 | 13,49 | * | * |
| 23 | 12,60 | * | * |
| 24 | 13,53 | * | * |
| 26 | 16,26 | * | NS |
| 28 | 17,18 | * | * |

TABLEAU 7. Fumée liquide B : mesures colorimétriques pour les différents cycles de fumage testés

Les seules durées de fumage qui présentent des différences non significatives sur Δa^* sont 21 minutes et 26 minutes, respectivement pour T1 et pour T2. L'étude graphique permet de moduler cette première conclusion (voir **graphique 6**).

La durée de fumage de **21 minutes** est confirmée pour **T1** : elle correspond au point le plus proche de la zone de niveau 1.

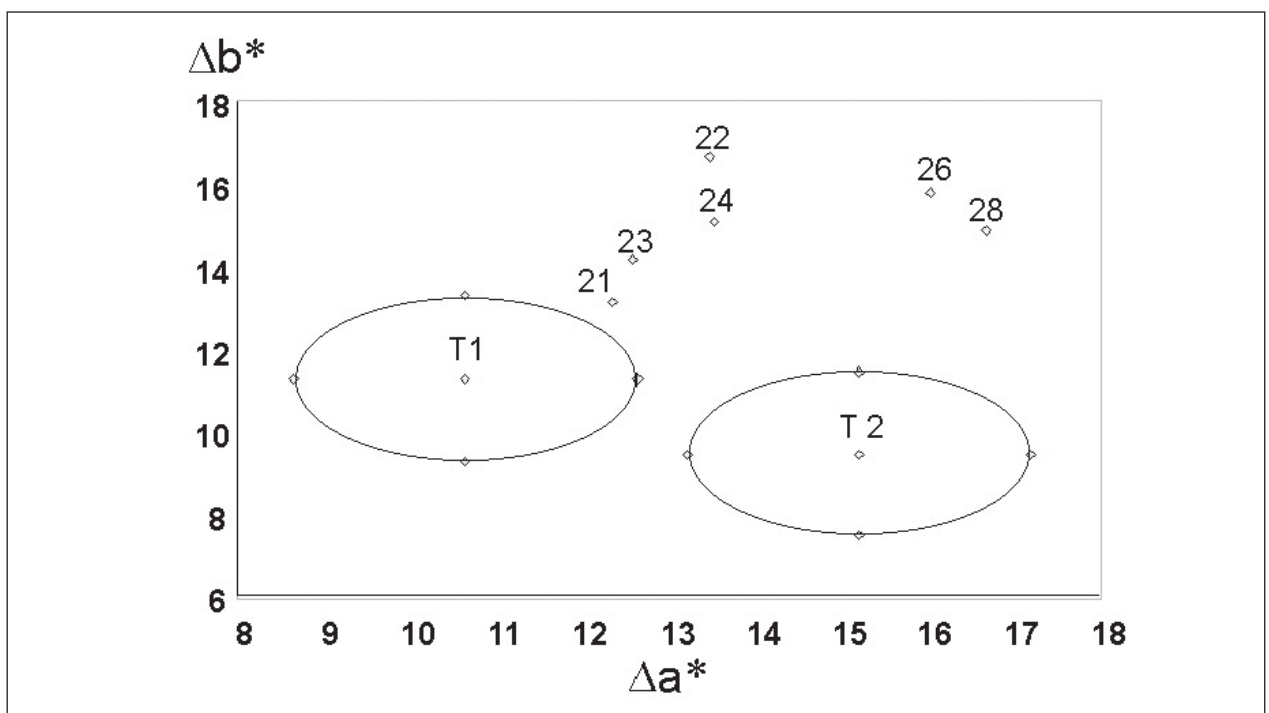
Pour **T2**, les durées de fumage de 26 et 28 minutes sont dans la zone de niveau 2 pour Δa^* .

Cependant, il semble préférable de choisir **28 minutes**, plus proche de cette zone pour Δb^* .

2.2.3. Fumée liquide C

Le barème de fumage préconisé par le fournisseur de la fumée liquide C comporte deux phases de fumage, séparées par une phase de séchage intermédiaire.

Les différents barèmes testés sont précisés dans le **tableau 8**.



GRAPHIQUE 6. Fumée liquide B : positionnement des différents cycles de fumage testés

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide.

Partie I : équivalence fumage traditionnel - fumage par atomisation de fumée liquide

| Temps total du cycle (min) | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 ^{er} cycle de fumage | 2 ^e cycle de fumage |
| 5 | 0 |
| 5 | 5 |
| 10 | 10 |

TABLEAU 8. Fumée liquide C : cycles de fumage testés

Les moyennes des écarts Δa^* sont indiquées dans le **tableau 9**.

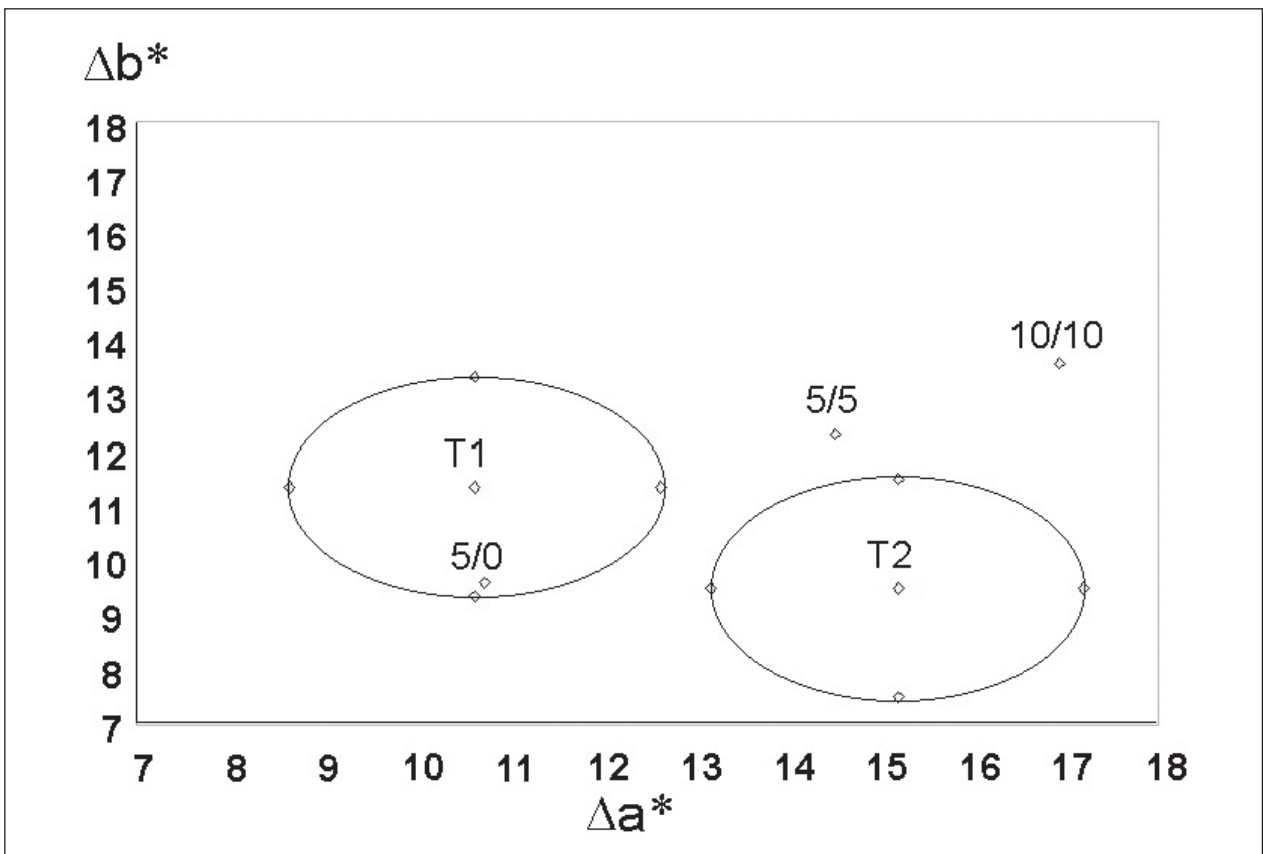
Les résultats obtenus indiquent que le cycle 5/0 correspond tout à fait à T1, et le cycle 5/5 à T2. L'étude graphique permet, là aussi, de moduler cette conclusion (voir **graphique 7**).

Ce graphique confirme le choix du fumage 5/0 pour **T1** : c'est le seul positionné dans la zone de niveau 1. Le barème de fumage correspondant est donc le suivant :

- fumage 1 : 5 min ;
- pas de fumage 2.

Pour **T2**, les barèmes de fumage 5/5 et 10/10 sont dans la zone de niveau 2 pour Δa^* . Cependant, le barème 10/10 se différencie plus nettement du niveau 1. Le barème de fumage choisi pour le niveau 2 est donc le suivant :

- fumage 1 : 10 min ;
- fumage 2 : 10 min.



GRAPHIQUE 7. Fumée liquide C : positionnement des différents cycles de fumage testés

| | | T1 $\Delta a^* = 10,66$ | T2 $\Delta a^* = 15,21$ |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|----------------------------|
| Durée de fumage (min) | Δa^* | Significativité de la différence | |
| 5/0 | 10,78 | NS | NS |
| 5/5 | 14,54 | * | NS |
| 10/10 | 16,97 | * | * |

TABLEAU 9. Fumée liquide C : mesures colorimétriques pour les différents cycles de fumage testés

CONCLUSION

La deuxième étape de notre étude a permis de réaliser une comparaison assez complète entre le fumage traditionnel et le fumage par atomisation de fumée liquide (en cumulant les résultats

obtenus pour les trois fumées choisies). Cette comparaison montre bien que les caractéristiques des saucisses obtenues par atomisation sont tout à fait comparables à celles des saucisses fumées par la méthode traditionnelle.

| Critères | Nombre de comparaisons | | | |
|--|------------------------|---|---|--|
| | Total | Résultats sans différence significative | Résultats favorables au fumage traditionnel | Résultats favorables au fumage par fumée liquide |
| TECHNOLOGIE - MESURES INSTRUMENTALES - ANALYSES | | | | |
| Rendement de fabrication | 6 | 6 | 0 | 0 |
| Fermeté de la pâte | 6 | 1 | 5 | 0 |
| Composition chimique | 18 | 18 | 0 | 0 |
| MICROBIOLOGIE | | | | |
| Flore MAC 30°C | 18 | 16 | 2 | 0 |
| Coliformes totaux | 18 | 16 | 2 | 0 |
| Coliformes thermotolérants | 18 | 18 | 0 | 0 |
| Flore lactique | 12 | 12 | 0 | 0 |
| ÉVALUATION SENSORIELLE | | | | |
| Aspect | 3 | 1 | 0 | 2 |
| Odeur | 3 | 3 | 0 | 0 |
| Goût | 3 | 3 | 0 | 0 |
| TOTAL | 105 | 94 | 9 | 2 |

TABLEAU 10. Comparaison fumage traditionnel / fumage par atomisation de fumée liquide : bilan des résultats obtenus pour les différents critères étudiés

Maîtrise de la technologie de la fumée liquide.

Partie I : équivalence fumage traditionnel - fumage par atomisation de fumée liquide

D'éventuelles différences entre les saucisses issues des deux modes de fumage seront étudiées statistiquement, par rapport à plusieurs paramètres : rendement de fabrication, fermeté de la pâte, stabilité microbiologique, composition physico-chimique et évaluation sensorielle. Le deuxième article (à paraître dans le prochain numéro du *Bulletin de Liaison du CTSCCV*) détaillera les résultats obtenus dans le cadre de cette comparaison, critère par critère. Le tableau 10 récapitule les résultats des différentes comparaisons réalisées.

- Les principaux points favorables au fumage traditionnel concernent la **fermeté de la pâte**, mesurée instrumentalement (5 cas sur 6). Cette différence est difficile à expliquer clairement, dans la mesure où aucune différence n'apparaît, ni au niveau du rendement de fabrication, ni au niveau de la composition chimique des saucisses.
- En ce qui concerne les **caractéristiques microbiologiques**, les conclusions sont difficiles à établir, dans la mesure où la plupart des résultats obtenus sont satisfaisants dans le cadre du plan à trois classes (satisfaisant - acceptable - non satisfaisant).

- Dans 94 cas sur 105 (89%), aucune différence significative n'apparaît entre les deux modes de fumage. Cette valeur est déjà très favorable au fumage par fumée liquide, dans la mesure où elle indique clairement qu'**il est tout à fait possible d'obtenir des produits identiques par atomisation de fumée liquide.**

Le prochain article présentera également les résultats de l'étape 4, c'est-à-dire l'étude des paramètres qui influent sur les résultats du fumage par atomisation

