

OPTIMISATION DE LA QUALITE SENSORIELLE DE PATES FINES DE CHARCUTERIE EN COURS DE FABRICATION PAR LA METHODE DU SIMPLEX. UTILISATION DES MESURES SENSORIELLES REALISEES PAR LES OPERATEURS

CURT C. ⁽¹⁾, LEBLANC V. ⁽¹⁾, ALLAIS I. ⁽¹⁾, PERROT N. ⁽¹⁾, CHEVALLEREAU V. ⁽¹⁾,
TRYSTRAM G. ⁽²⁾

UMR Génie Industriel Alimentaire (Cemagref-ENSIA-INAPG-INRA)

⁽¹⁾ Cemagref, Equipe Automatique et Qualité Alimentaire, BP 50085 63172 Aubière Cedex

⁽²⁾ ENSIA, 1, avenue des Olympiades, 91744 Massy Cedex

Introduction

La démarche d'optimisation de la qualité d'un produit a pour objectif l'obtention d'un produit qui possède les propriétés désirées. Elle repose sur des approches qui peuvent être classées en quatre groupes (1) : les stratégies d'experts, les approches indirectes où un modèle est mis en œuvre, les méthodes évolutives et la technique guidée par le sujet. Les méthodes évolutives sont intéressantes car les étapes intermédiaires constituent des solutions, l'arrêt de la méthode étant réalisé sur la base de critères tels que le nombre maximum d'essais ou la proximité entre la référence et le produit. Parmi ces démarches, la méthode du Simplex (2) a donné lieu à différents travaux (3-7). Une des phases importantes de l'optimisation est la phase d'évaluation de la ou des caractéristiques à optimiser. Or, il existe peu de capteurs dans le cas de la caractérisation de produits alimentaires en cours de fabrication. Nous avons montré que l'utilisation du savoir-faire des opérateurs est un moyen de pallier ce problème (8). Notre objectif est d'optimiser, en agissant sur la durée et la vitesse de mélange et en mettant en œuvre la méthode du Simplex, la qualité d'émulsions de viande déterminée à partir d'évaluations faites par un opérateur en fin de cutterage.

Matériels et méthodes

Fabrication.

La formulation utilisée est la suivante : maigre de porc (1000 g), gras de bardière (1000 g), glace (600 g), agent liant Bophos M (La Bovida) (60 g), sel non nitrité (50 g), assaisonnement Flavor (La Bovida) (40 g), carmin liquide (3 g). Tous les ingrédients sont placés dans la cuve d'un cutter CDH 30 relié à un bain cryothermostaté Huber CC130 (température du bain fixée à 18 °C). Ils subissent un pré-hachage pendant 1 min à 500 tr/min puis pendant 1 min à 1000 tr/min. Vitesse et durée de cutterage sont ensuite imposées par l'algorithme du Simplex.

Détermination de l'indice de cutterage (IC).

L'indice de cutterage admet des valeurs qui vont de 1 (très mal cutteré) à 5 (très bien cutteré) ; il est déterminé à partir de l'agrégation d'une mesure de température du produit (TEMP) et de 4 indicateurs sensoriels qui sont des mesures sensorielles réalisées par les opérateurs au niveau du procédé (8). Les indicateurs sensoriels utilisés ont été recueillis auprès d'un opérateur et formalisés ; il s'agit de la taille des morceaux (TM), de l'homogénéité de la mûlée (HM), de la fermeté (FE) et du collant (CO). Dans la démarche d'optimisation, ces indicateurs sont évalués en fin de cutterage sur une échelle de catégories. L'agrégation des mesures est faite à partir de règles SI-ALORS comme : « SI TM est petite et SI HM est très bien et SI FE est moyenne et SI CO est moyen et SI TEMP est normale ALORS IC est égal à 5 ». Les données sont traitées en utilisant un formalisme flou qui permet d'introduire une gradualité des résultats : IC peut prendre toute valeur entre 1 et 5 (4.3 par exemple).

Rendement.

Trois tubes remplis de 40 g (M1) de mûlée crue sont placés au bain-marie à 70 °C pendant 30 minutes. M2 est la masse de produit solide après cuisson et refroidissement. Le rendement est défini par : $(M2/M1) \times 100$.

Algorithme d'optimisation.

Soit un phénomène dépendant de n variables explicatives continues : la réponse d'un essai est représentée dans un espace à n dimensions, par un point ayant pour coordonnées les valeurs prises par les n variables pour l'essai considéré. On appelle simplex un tétraèdre à n+1 sommets dans cet espace à n dimensions. Il représente les réponses des n+1 essais différents (9). L'évolution se fait par remplacement du sommet représentant le plus mauvais résultat par son symétrique par rapport au centre de gravité des autres sommets. Doivent être définis :

- les limites du domaine d'étude : la plage de variation de la vitesse est comprise, ici, entre 500 et 3500 tr/min, la durée de cutterage se situe entre 1 et 10 min ;
- le premier simplex qui détermine la position de départ de l'optimisation (P1 : 1000 tr/min-3 min ; P2 : 1500 tr/min – 3 min ; P3 : 1500 tr/min – 2 min) et le pas de variation de chaque paramètre . Les pas choisis sont de 500 tr/min pour la vitesse et 1 min pour la durée ;
- le critère d'arrêt du Simplex. Deux critères d'arrêt ont été définis : le nombre de fabrications est limité à 20 et il s'agit de maximiser la valeur de IC.

Résultats

La progression de l'optimisation se fait en considérant que le plus mauvais point est celui qui présente la valeur IC la plus faible. L'optimisation de IC a nécessité 8 fabrications (Figure 1). L'arrêt du Simplex s'est fait par obtention d'un maximum local à partir duquel toutes les directions prises par la méthode donnaient des résultats plus éloignés de la valeur optimale recherchée. Les conditions optimales déterminées à l'arrêt du Simplex correspondent à 3 min de cutterage à une vitesse de 2000 tr/min (P6). La valeur de IC avec ces paramètres est de 4.8. Le plus mauvais sommet du simplexe de départ présente une valeur IC de 3. Des fabrications supplémentaires, codées Si, ont été réalisées autour de l'optimum et dans des zones inexplorées du domaine d'étude. Sur le domaine exploré, il n'y a pas de combinaison de paramètres permettant d'obtenir un meilleur résultat que celui trouvé au point P6. On montre également que la zone de rendement maximum correspond à la zone déterminée comme optimale par le simplexe : le rendement est maximal au point P6 et vaut 98.5 % .

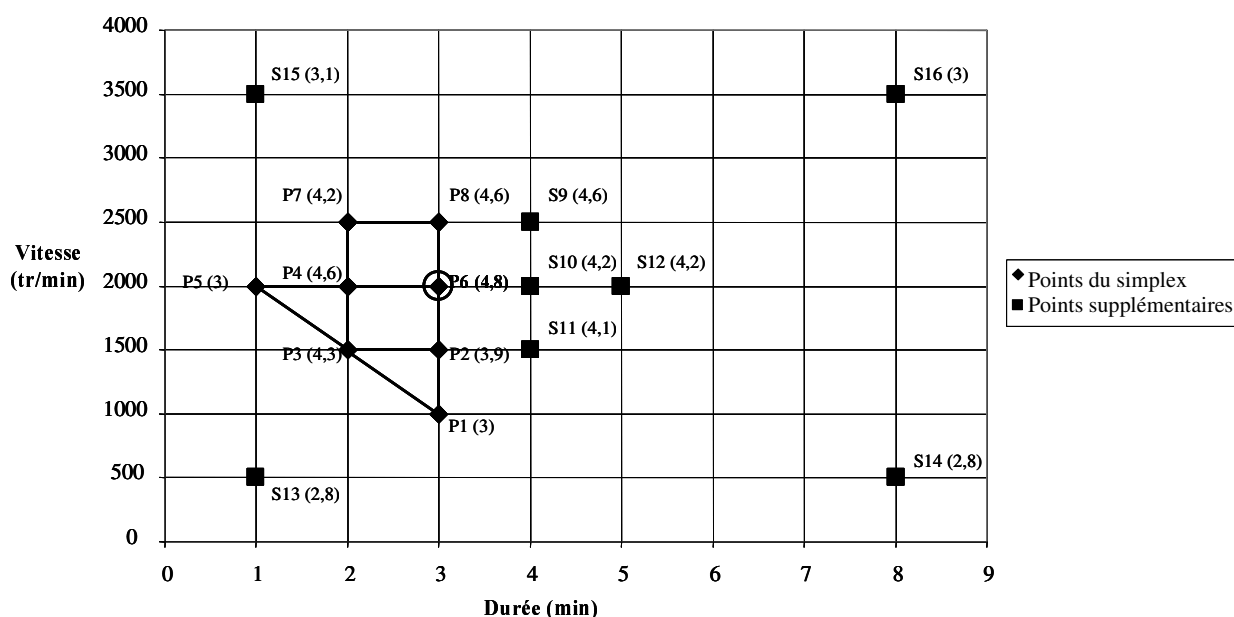


Figure 1: Progression du Simplex (points codés Pi) et fabrications supplémentaires (points codés Si). Les valeurs de l'indice de cutterage (IC) sont entre parenthèses

Conclusion

L'application de la méthode du Simplex au cutterage nous a permis d'atteindre un objectif d'amélioration de la qualité en cours de fabrication en agissant uniquement sur des paramètres procédé : vitesse et durée de cutterage. L'introduction des indicateurs sensoriels permet une optimisation de la qualité sensorielle en cours de fabrication ce qui est généralement difficile compte-tenu de la faible disponibilité de capteurs mesurant ces propriétés.

Références bibliographiques

- (1) / Bardot I., Heyd B., Trystram G., Hossenlopp J., Danzart M., 1992. Méthode automatisée de formulation sensorielle pour des boissons non gazeuses, Sciences des aliments, 12, 19-36.
- (2) / Spendley W., Hext G. R., Himmsworth F. R., 1962. sequential application of simplex designs in optimisation and evolutionary operation, Technometrics, 4, 441-461.
- (3) / Datta S., Nakai S., 1992. Computer-aided optimization of wine blending, Journal of Food Science, 57, 178-182.
- (4) / Ramos E., Valero E., Ibanez E., Rejero G., Tabera J., 1998. Obtention of a brewed coffee aroma extract by an optimized supercritical CO₂-based process, J. Agric. Food Chem., 46, 4011-4016.
- (5) / Heyd B., Bardot-Cayeux I., 1997. Optimisation hédonique de la formulation d'une boisson par la méthode du simplexe, Sciences des aliments, 17, 409-416.
- (6) / Heyd B., Bardot I., Trystram G., Hossenlopp J., 1995. Automated formulation of a beverage based on the optimization of sensory properties, Food Quality and Preference, 6, 1-6.
- (7) / Tabera J., Iznola M. A., 1990. Optimization de una fermentacion alcoholica continua por el metodo Simplex, Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment., 30, 230-238.
- (8) / Curt C., Trystram G., Hossenlopp J., 2001. Formalisation of at-line human evaluations to monitor product changes during processing. Integration of human decision in the dry sausage ripening process, Sciences des Aliments, 21, 671-689.
- (9) / Benoist D., Tourbier Y., Germain-Tourbier S., 1994. Plans d'expériences : construction et analyse., Tec et Doc Lavoisier, 186-196.

Remerciements

Les équipements utilisés ont été cofinancés par la Région Auvergne dans le cadre de l'axe régional « Qualité des Aliments ». Les auteurs remercient M. Géret (Sté Géret - St Jean le Vieux) pour sa coopération au recueil d'expertise.