

Mesure des caractéristiques physiques et de l'aptitude à l'écoulement des aliments farines traitées à la vapeur

1. Contexte et objectifs

Depuis plusieurs années, on observe un développement du traitement hydrothermique des aliments farines en vue d'une amélioration de leur aptitude à l'écoulement et d'une réduction de leur population bactérienne.

Pour caractériser en laboratoire, les modifications physiques que génère ce traitement, plusieurs méthodes peuvent être utilisées : taille des particules (granulométrie), indice d'Hausner et angles de talus.....

Dans le cadre d'un programme de recherche réalisé en collaboration avec l'ACTA, l'ITAVI, l'INRA – Nouzilly, l'ITCF et l'UCAAB, la capacité de ces méthodes à différencier des farines traitées thermiquement a été évaluée par TECALIMAN.

2. matériels et méthodes

2.1. Fabrication et traitement des aliments en farine

Les aliments sont fabriqués et traités en atelier pilote. Deux formules d'aliments volaille chair sont traitées par charge, dans 2 mélangeuses équipées d'un système d'injection de vapeur :

- une mélangeuse à socs et à double enveloppe de marque Lodige
- une mélangeuse à pales de marque Forberg

Différents barèmes de traitement sont appliqués tels que des températures comprises entre 65 et 105°C et des temps de séjour compris entre 20 et 450 secondes.

Après traitement, les aliments sont refroidis et séchés :

- en couche mince, à l'air ambiant, pour les lots traités dans la mélangeuse à socs
- en faisant circuler de l'air dans la mélangeuse, dans le cas de mélangeuse à pales.

Au total, 25 lots de farines différents sont ainsi obtenus.

2.2. Mesures des caractéristiques physiques et de l'aptitude à l'écoulement des farines

Les farines sont caractérisées à l'aide de 8 variables : le plus petit diamètre d'écoulement, la masse volumique apparente et tassée, l'indice d'Hausner, les angles de talus par éboulement (ATES, ATE10 et ATE20), la granulométrie (d50).

2.2.1. Plus Petit Diamètre d'Écoulement (PPDE)

Il s'agit de déterminer le diamètre (en mm) du plus petit orifice circulaire permettant l'écoulement d'une poudre (TECALIMAN, 1998, i'Tec_Q4). Un diamètre d'écoulement élevé traduit des difficultés d'écoulement. La mesure est réalisée une seule fois par échantillon.

2.2.2. Diamètre médian (d50) ou granulométrie des farines

Le diamètre médian des farines est calculé à partir du poids des fractions granulométriques récupérées après un tamisage mécanique (TECALIMAN, 1996, i'Tec_B6).

La mesure est réalisée deux fois par échantillon, elle est exprimée en micro-mètre.

2.2.3. Masse Volumique Apparente (MVA), Tassée (MVT) et Indice d'Hausner (IH)

L'indice d'Hausner est le rapport de la masse volumique tassée d'une farine sur sa masse volumique apparente (TECALIMAN, 1998, i'Tec_Q9).

Plus l'indice d'Hausner est élevé plus le produit présente des difficultés d'écoulement.

La mesure est réalisée une seule fois par échantillon

2.2.4. Angle de Talus par Eboulement (ATE)

La méthode consiste à créer un tas de poudre en forme de cône et à mesurer les angles du cône ainsi formés (TECALIMAN, 1998, i'Tec_Q3) :

- Angle au sommet du tas : ATEs
- Angle à 10 mm: ATE10
- Angle à 20 mm: ATE20

La mesure est réalisée deux fois par échantillon. Un angle de talus élevé traduit des difficultés d'écoulement.

3. Résultats

3.1. Sélection d'une méthode de caractérisation des farines traitées thermiquement

Les résultats obtenus avec les différentes méthodes sont présentés dans les figures 1 à 6. Dans le cas des produits traités thermiquement, il s'agit de moyennes regroupant toutes les conditions de traitement.

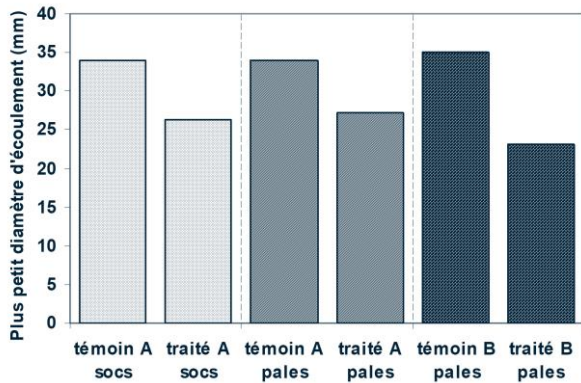


Figure 1 : Plus Petit Diamètre d'Écoulement (PPDE)

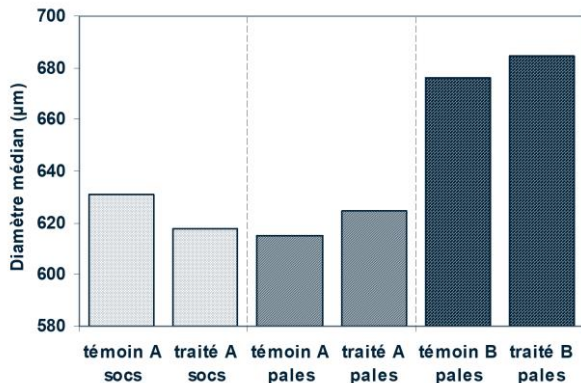


Figure 2 : Diamètre médian

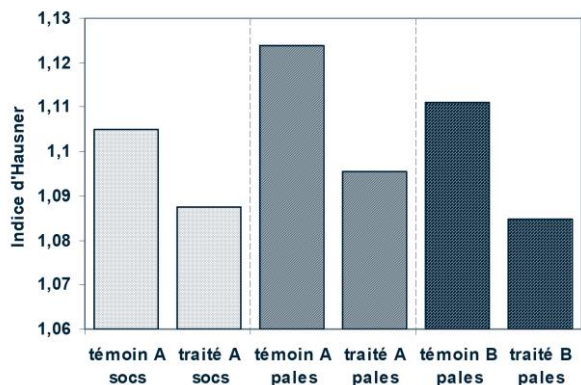


Figure 3 : Indice d'Hausner (IH)

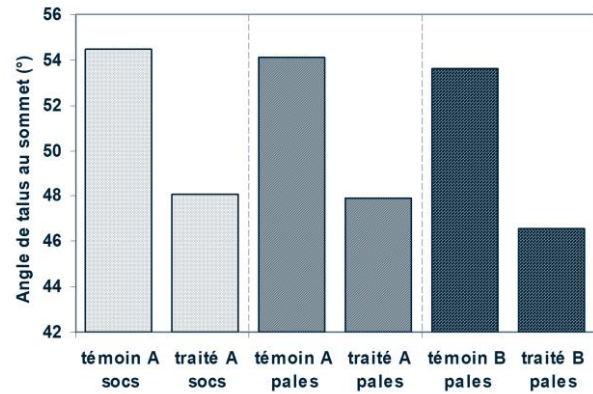


Figure 4 : Angles de Talus par Eboulement (ATES) au sommet

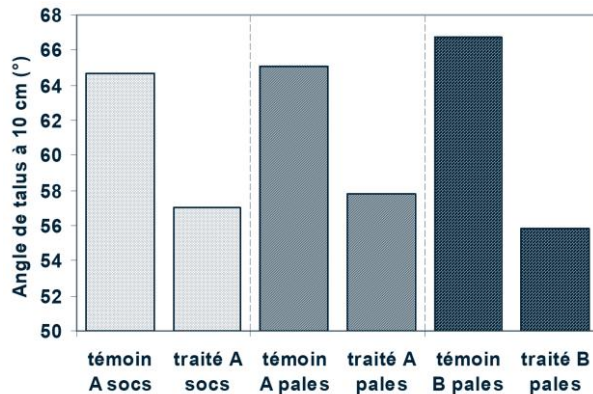


Figure 5 : Angles de Talus par Eboulement à 10 cm (ATE10)

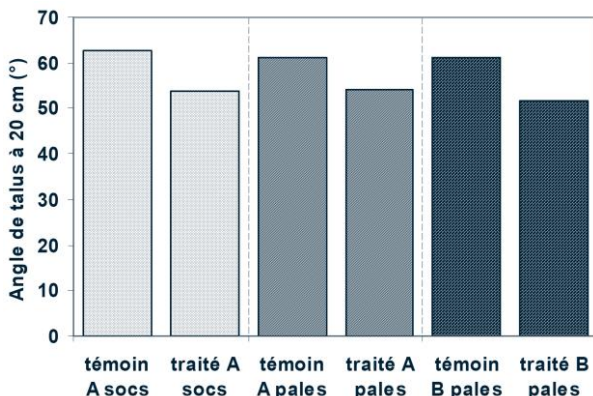


Figure 6 : Angles de Talus par Eboulement à 20 cm (ATE20)

Afin de déterminer le critère le plus discriminant pour différencier les farines traitées, des farines non traitées (témoin), plusieurs méthodes statistiques sont appliquées à la totalité des données (25 lots de farines) et aux variables PPDE, d50, MVA, MVT, IH et ATEs :

- L'étude de la variabilité des données obtenues avec les différentes méthodes
- L'étude des corrélations entre variables
- Une analyse en composante principale.

3.1.1. Etude des écarts-types et coefficient de variation des variables mesurées

Il est possible de déterminer les méthodes qui pourraient être les plus pertinentes pour différencier ces produits, en déterminant sur les 25 lots de farines et pour chacune des variables, celles qui présentent les écarts types ou coefficients de variation les plus importants.

L'examen du tableau 1 montre que trois méthodes sont dans cette situation, le diamètre médian granulométrie (d50), le plus petit diamètre d'écoulement (PPDE) et l'angle de talus par éboulement au sommet (ATES).

Variables	Moyenne	écart-type	C.V.
ATES	48,217	2,765	5,73
MVA	0,694	0,027	3,89
MVT	0,757	0,025	3,30
IH	1,091	0,015	1,38
PPDE	26,560	3,689	13,89
d50	635,720	30,950	4,87

Tableau 1

Corrélations (%)	ATES	MVA	MVT	IH	PPDE	d50
ATES	100	82,8	70,7	64,6	90,7	24,7
MVA	82,8	100	94,4	55,0	89,2	58,8
MVT	70,7	94,4	100	24,4	77,2	58,5
IH	64,6	55,0	24,4	100	66,7	22,4
PPDE	90,7	89,2	77,2	66,7	100	33,0
d50	24,7	58,8	58,5	22,4	33,0	100

Tableau 2

Par conséquent, parmi les trois variables retenues, au cours de l'analyse précédente (étude des écarts types), deux variables peuvent être sélectionnées : le diamètre médian (d50) et l'angle de talus par éboulement au sommet (ATES).

Le plus petit diamètre d'écoulement (PPDE) étant rejeté, car il est corrélé à l'angle de talus par éboulement au sommet (ATES) et complexe à mettre en œuvre.

3.1.3. Analyse en composante principale (A.C.P.).

Cette méthode statistique permet de représenter, dans un espace à plusieurs composantes ou axes, les différentes variables mesurées.

Dans cet espace, la composante 1 ou axe principal, est la composante qui apporte le plus d'information pour différencier les farines, dans le cas étudié 69,5% de l'information totale (figure 9).

Parmi les deux variables sélectionnées précédemment, le diamètre médian (d50) est le moins corrélé (tableau 3) et le plus éloigné de la composante principale, il n'apporte donc que peu d'information pour différencier les farines. Ce constat est probablement dû au fait que le diamètre médian des farines a tendance à s'accroître au cours des traitements réalisés dans la mélangeuse à pales et à décroître lorsque celui-ci est réalisé dans la mélangeuse à socs (figure 2).

3.1.2. Etude des corrélations entre les variables

L'objectif de cette analyse statistique est de déterminer s'il existe des liens entre les variables, afin de choisir parmi celles qui sont corrélées entre elles, les variables les plus faciles à mesurer.

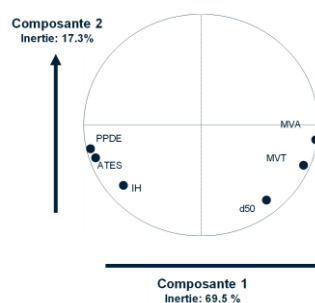
Ces corrélations (R), exprimées en pourcentage, sont présentées dans le tableau 2. Les résultats montrent que :

- Les Masses Volumiques Apparentes et Tassées sont corrélées entre elles (R =94,4%), à l'Angle de Talus par Eboulement au Sommet et au Plus Petit Diamètre d'Écoulement.
- L' Angle de Talus par Eboulement au Sommet est corrélé au Plus Petit Diamètre d'Écoulement (R = 90,7%).
- L'Indice d'Hausner et le diamètre médian (d50) ne sont pas corrélés entre eux et aux autres variables.

Variables	Corrélations (%)
ATES	89,9
MVA	97,9
MVT	87,6
IH	65,9
PPDE	94,3
d50	55,8

Tableau 3 : Corrélations des variables avec la composante 1

A l'opposé, l'angle de talus par éboulement au sommet (ATES) est la variable la plus corrélée (tableau 3) et la plus proche de cette composante 1. Il s'agit donc de la variable la plus appropriée pour différencier les farines en fonction de leur aptitude à l'écoulement, elle est donc sélectionnée pour caractériser cette propriété des farines traitées à la vapeur.



3.2. Etude de la précision de la mesure de l'angle de talus par éboulement au sommet

Afin de déterminer le nombre de mesure à effectuer sur un échantillon pour obtenir une valeur de l'ATES représentative de l'échantillon, 11 mesures sont réalisées sur un échantillon d'aliment (tableau 4) et les précisions sur la moyenne obtenue sont calculées (Biostatistique Sherrer 1984).

Angles (degrés)	ATES
Moyenne	46,1
Ecart type	0,46

Tableau 4 : Précision de la mesure de l'angle de talus par éboulement

Compte tenu de ces résultats et afin d'obtenir une précision sur la moyenne de 3,8%, avec un risque de 1%, 4 mesures de l'angle au sommet peuvent être effectuées par échantillon.

3.3. Application de la mesure de l'angle de talus par éboulement à la caractérisation de différents aliments en farine

3.3.1. Echantillons caractérisés

La mesure de l'angle de talus par éboulement au sommet est effectuée sur 32 échantillons d'aliments :

- 12 farines, traitées en atelier pilote (traitement par charge dans une mélangeuse à pales).
- 20 farines traitées en usines (traitement en continu)
- Les mesures sont répétées 4 fois par échantillon.

3.3.2. Résultats

Les résultats (tableau 5) confirment que la mesure de l'Angle de Talus par Eboulement au sommet (ATES) permet de différencier les différents lots d'aliments en farine sur la base de leur aptitude à l'écoulement

Procédé et lieu de traitement	Aliment Farine	ATES (°)	
		Témoin non traité	Traité
Mélangeuses à socs - pilote	A	58,1	51,4 50,6
	B	54,8	39,8 42,9
	C	53,7	39,8 43,9
	D	50,7	36,5 39,4
Traitement en continu – usine1	E	52,2	47,7
	F	53,3	46,5
	G	46,9	41,0
	H	46,9	40,6
	I	48,0	41,6
	J	53,2	41,6
	K	52,5	45,0
Traitement en continu – usine2	L	51,1	45,7
	M	53,4	43,7
	N	54,9	44,1
	O	53,5	45,5
	P	51,8	42,9

Tableau 5

4. Conclusion

L'angle de talus par éboulement au sommet (ATES) est retenu comme méthode pour caractériser les farines, car cette méthode :

- présente un pouvoir discriminant important
- est précise
- est simple et rapide à mettre en œuvre.

5. Bibliographie

Tecaliman, 1996 – i'Tec_B6
Méthode de détermination et d'expression de la granulométrie des aliments en farine.
Tecaliman, 1998 – i'Tec_Q3

Mesure de l'Angle de talus par éboulement dans le domaine des additifs utilisés en alimentation animale.

Tecaliman, 1998 – i'Tec_Q9

Evaluation de la mesure de la masse volumique apparente, de la masse volumique tassée et de l'indice d'Hausner dans le domaine des additifs utilisés en alimentation animale.

Tecaliman, 1998 – i'Tec_Q4

Mesure du plus petit diamètre d'écoulement dans le domaine des additifs utilisés en alimentation animale.

Tecaliman, 2002 – i'Tec_Q7

Mesure des caractéristiques physiques et de l'aptitude à l'écoulement des aliments farines traités à la vapeur.