

Table des matières

| | |
|---------------------------|---|
| Avant-propos | V |
|---------------------------|---|

Chapitre 1

Procédés de déshydratation et influence sur les propriétés des poudres obtenues

| | |
|---|----|
| 1. Présentation générale des opérations | 2 |
| 1.1. Concentration par évaporation | 2 |
| 1.1.1. Principe de l'évaporation sous vide | 3 |
| 1.1.2. Énergie | 4 |
| 1.2. Séchage | 7 |
| 1.2.1. Séchage par ébullition (cylindres chauffants) | 8 |
| 1.2.2. Séchage par entraînement (pulvérisation) | 9 |
| 2. Propriétés des produits déshydratés | 17 |
| 2.1. Propriétés biochimiques et physico-chimiques | 18 |
| 2.1.1. Teneur en eau | 18 |
| 2.1.2. Disponibilité de l'eau | 20 |
| 2.1.3. Modifications des protéines | 28 |
| 2.2. Propriétés microbiologiques | 28 |
| 2.3. Propriétés d'usage | 29 |
| 2.3.1. Taille des particules et structure des poudres | 29 |
| 2.3.2. Écoulement - éboulement | 30 |
| 2.3.3. Masse volumique | 30 |
| 2.3.4. Propriétés de réhydratation | 32 |
| Références bibliographiques | 35 |

Chapitre 2

Détermination de l'extrait sec et de l'extrait sec total

| | |
|---|----|
| 1. Détermination de l'humidité libre ou de l'extrait sec | 37 |
| 1.1. Objet et domaine d'application | 37 |
| 1.2. Définition | 38 |
| 1.3. Principe | 38 |
| 1.4. Réactifs et autres produits | 38 |
| 1.5. Appareillage et verrerie | 38 |
| 1.6. Sécurité | 38 |
| 1.7. Mode opératoire | 38 |
| 1.7.1. Préparation de la capsule | 38 |
| 1.7.2. Préparation de l'échantillon pour essai | 39 |
| 1.7.3. Prise d'essai | 39 |
| 1.7.4. Détermination | 39 |
| 1.8. Expression des résultats | 39 |
| 1.9. Remarques | 40 |
| 1.9.1. Étuve | 40 |
| 1.9.2. Dessiccateur | 40 |
| 1.10. Valeurs de fidélité | 41 |
| 1.11. Exemples | 41 |
| 2. Détermination de l'humidité totale ou de l'extrait sec total | 42 |
| 2.1. Objet et domaine d'application | 42 |
| 2.2. Définition | 42 |
| 2.3. Principe | 42 |
| 2.4. Réactifs et autres produits | 42 |
| 2.5. Appareillage et verrerie | 42 |
| 2.6. Sécurité | 44 |
| 2.7. Mode opératoire | 44 |
| 2.7.1. Préparation de la zéolite | 44 |
| 2.7.2. Préparation du petit dessiccateur (j) | 44 |
| 2.7.3. Préparation de la capsule | 44 |
| 2.7.4. Préparation de l'échantillon pour essai | 44 |
| 2.7.5. Prise d'essai | 45 |
| 2.7.6. Détermination | 45 |
| 2.8. Expression des résultats | 45 |
| 2.9. Remarques | 46 |
| 2.9.1. Étuve | 46 |
| 2.9.2. Dessiccateur | 46 |
| 2.10. Valeurs de fidélité | 46 |
| 2.11. Rapport d'analyse | 47 |
| 2.12. Exemples | 47 |
| Références bibliographiques | 48 |

Détermination des fractions azotées

| | | |
|---------|--|----|
| 1. | Détermination de la teneur en azote total (méthode Kjeldahl) | 49 |
| 1.1. | Objet et domaine d'application | 49 |
| 1.2. | Définition | 50 |
| 1.3. | Principe | 50 |
| 1.4. | Réactifs et autres produits | 50 |
| 1.5. | Appareillage et verrerie | 51 |
| 1.6. | Sécurité | 52 |
| 1.6.1. | Protection individuelle | 52 |
| 1.6.2. | Toxicité des produits utilisés | 52 |
| 1.7. | Mode opératoire | 52 |
| 1.7.1. | Préparation de l'échantillon pour essai | 52 |
| 1.7.2. | Prise d'essai et prétraitement | 52 |
| 1.7.3. | Détermination | 53 |
| 1.7.4. | Essai à blanc | 54 |
| 1.7.5. | Essais de récupération | 54 |
| 1.8. | Expression des résultats | 54 |
| 1.8.1. | Calcul de la teneur en azote total | 54 |
| 1.8.2. | Calcul de la teneur en protéines totales | 55 |
| 1.9. | Valeurs de fidélité | 55 |
| 1.9.1. | Répétabilité | 55 |
| 1.9.2. | Reproductibilité | 55 |
| 1.10. | Exemples | 55 |
| 1.11. | Annexe | 56 |
| 1.11.1. | Introduction | 57 |
| 1.11.2. | Mode opératoire | 57 |
| 2. | Détermination de la teneur en azote soluble à pH 4,60 | 58 |
| 2.1. | Objet et domaine d'application | 58 |
| 2.2. | Définition | 58 |
| 2.3. | Principe | 58 |
| 2.4. | Réactifs et autres produits | 58 |
| 2.5. | Appareillage et verrerie | 59 |
| 2.6. | Sécurité | 59 |
| 2.6.1. | Protection individuelle | 59 |
| 2.6.2. | Toxicité des produits utilisés | 59 |
| 2.7. | Mode opératoire | 59 |
| 2.7.1. | Préparation de l'échantillon pour essai | 59 |
| 2.7.2. | Prise d'essai et détermination | 59 |
| 2.7.3. | Essai à blanc | 60 |
| 2.8. | Expression des résultats | 60 |
| 2.8.1. | Calcul de la teneur en azote soluble à pH 4,6 | 60 |
| 2.8.2. | Calcul de « l'équivalent protéines » | 61 |
| 2.9. | Valeurs de fidélité | 61 |
| 2.10. | Exemples | 61 |
| 2.11. | Annexe | 62 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.11.1. | Introduction | 62 |
| 2.11.2. | Mode opératoire | 62 |
| 3. | Détermination de la teneur en azote non protéique | 64 |
| 3.1. | Objet et domaine d'application | 64 |
| 3.2. | Définition | 64 |
| 3.3. | Principe | 64 |
| 3.4. | Réactifs et autres produits | 64 |
| 3.5. | Appareillage et verrerie | 64 |
| 3.6. | Sécurité | 65 |
| 3.6.1. | Protection individuelle | 65 |
| 3.6.2. | Toxicité des produits utilisés | 65 |
| 3.7. | Mode opératoire | 65 |
| 3.7.1. | Préparation de l'échantillon pour essai | 65 |
| 3.7.2. | Prise d'essai et détermination | 65 |
| 3.7.3. | Essai à blanc | 66 |
| 3.8. | Expression des résultats | 66 |
| 3.8.1. | Calcul de la teneur en azote non protéique | 66 |
| 3.8.2. | Calcul de « l'équivalent protéines » | 67 |
| 3.9. | Valeurs de fidélité | 67 |
| 3.9.1. | Répétabilité | 67 |
| 3.9.2. | Reproductibilité | 67 |
| 3.10. | Exemples | 67 |
| 3.11. | Annexe | 68 |
| 3.11.1. | Introduction | 69 |
| 3.11.2. | Mode opératoire | 69 |
| 4. | Détermination de l'azote protéique de lactosérum non dénaturé dans la poudre de lait écrémé | 70 |
| 4.1. | Objet et domaine d'application | 70 |
| 4.2. | Définition | 70 |
| 4.3. | Principe | 70 |
| 4.4. | Expression des résultats | 70 |
| 4.5. | Remarques | 71 |
| 4.6. | Exemples | 71 |
| 5. | Facteurs de conversion de l'azote en protéines en fonction de la composition en acides aminés : cas du lait et du soja | 72 |
| 5.1. | Méthodes de détermination du facteur de conversion | 72 |
| 5.1.1. | Détermination du facteur de conversion K selon la méthode de Kjeldahl | 72 |
| 5.1.2. | Détermination du facteur de conversion K selon les profils d'acides aminés | 73 |
| 5.1.3. | Détermination du facteur de conversion selon la séquence d'acides aminés des protéines | 73 |
| 5.2. | Facteurs de conversion pour le lait, des protéines laitières spécifiques, quelques produits laitiers et formules infantiles | 73 |
| 5.2.1. | Lait, protéines laitières et produits laitiers | 73 |
| 5.2.2. | Formules infantiles laitières | 74 |
| 5.3. | Facteurs de conversion pour le soja et ses dérivés | 75 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 5.4. Conclusions | 76 |
| Références bibliographiques | 77 |

Chapitre 4

Détermination du taux de cristallisation du lactose

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1. Définitions | 80 |
| 2. Principe | 80 |
| 3. Expression des résultats | 80 |
| 4. Remarques | 81 |
| 5. Exemples | 81 |
| Références bibliographiques | 82 |

Chapitre 5

Détermination de la teneur en matière grasse totale et libre

| | |
|--|----|
| 1. Détermination de la teneur en matière grasse totale | 84 |
| 1.1. Objet et domaine d'application | 84 |
| 1.2. Définition | 84 |
| 1.3. Principe | 84 |
| 1.4. Réactifs et autres produits | 85 |
| 1.5. Appareillage et verrerie | 85 |
| 1.6. Sécurité | 86 |
| 1.6.1. Protection individuelle | 86 |
| 1.6.2. Toxicité des produits utilisés | 86 |
| 1.7. Mode opératoire | 86 |
| 1.7.1. Préparation de l'échantillon à partir de poudre | 86 |
| 1.7.2. Préparation de l'échantillon pour l'analyse | 86 |
| 1.7.3. Prise d'essai et réactifs | 86 |
| 1.7.4. Dissolution des protéines | 87 |
| 1.7.5. Centrifugation | 87 |
| 1.7.6. Lecture | 87 |
| 1.7.7. Entretien des butyromètres | 88 |
| 1.8. Expression des résultats | 88 |
| 1.9. Remarques | 89 |
| 1.10. Valeurs de fidélité | 89 |
| 1.10.1. Répétabilité | 89 |
| 1.10.2. Reproductibilité | 89 |
| 1.11. Exemples | 89 |
| 2. Détermination de la teneur en matière grasse libre | 90 |
| 2.1. Objet et domaine d'application | 90 |
| 2.2. Définition | 90 |
| 2.3. Principe | 90 |
| 2.4. Réactifs et autres produits | 90 |
| 2.5. Appareillage et verrerie | 90 |
| 2.6. Sécurité | 91 |

| | |
|--|----|
| 2.7. Mode opératoire | 91 |
| 2.7.1. Préparation du matériel | 91 |
| 2.7.2. Préparation de l'échantillon pour l'analyse | 91 |
| 2.7.3. Prise d'essai et réactifs | 91 |
| 2.8. Expression des résultats | 91 |
| 2.9. Remarques | 92 |
| 2.10. Valeurs de fidélité | 92 |
| 2.10.1. Répétabilité | 92 |
| 2.10.2. Reproductibilité | 92 |
| 2.11. Rapport d'analyse | 92 |
| 2.12. Exemples | 93 |
| Références bibliographiques | 93 |

Chapitre 6

Détermination de la teneur en cendres

| | |
|--|----|
| 1. Définitions | 95 |
| 2. Principe | 96 |
| 3. Appareillage et verrerie | 96 |
| 4. Protection individuelle | 96 |
| 5. Mode opératoire | 96 |
| 5.1. Préparation de l'échantillon pour essai | 96 |
| 5.2. Préparation du creuset | 96 |
| 5.3. Prise d'essai | 97 |
| 5.4. Détermination | 97 |
| 6. Expression des résultats | 97 |
| 7. Valeurs de fidélité | 98 |
| 8. Exemples | 98 |
| Références bibliographiques | 99 |

Chapitre 7

Détermination de la granulométrie et de la friabilité

| | |
|---|-----|
| 1. Définition | 101 |
| 2. Principe | 101 |
| 3. Méthodes | 101 |
| 3.1. Granulométrie par tamisage | 102 |
| 3.2. Granulométrie laser | 102 |
| 4. Réactifs et autres produits | 102 |
| 5. Appareillage et verrerie | 102 |
| 5.1. Granulométrie par tamisage | 102 |
| 5.2. Granulométrie laser | 102 |
| 6. Protection individuelle | 103 |
| 7. Mode opératoire | 103 |
| 7.1. Granulométrie par tamisage | 103 |
| 7.2. Granulométrie laser | 103 |

| | |
|---|-----|
| 8. Expression des résultats | 103 |
| 8.1. Granulométrie par tamisage | 103 |
| 8.2. Granulométrie laser | 104 |
| 8.3. Friabilité | 104 |
| 9. Remarques | 105 |
| 10. Valeurs de fidélité | 105 |
| 11. Exemples | 106 |
| Références bibliographiques | 108 |

Chapitre 8

Détermination des indices d'écoulement et d'éboulement

| | |
|---|-----|
| 1. Définition | 109 |
| 1.1. Écoulement – Fluidité | 109 |
| 1.2. Éboulement – Déferlement | 110 |
| 2. Principe | 110 |
| 2.1. Écoulement – Fluidité | 110 |
| 2.2. Éboulement – Déferlement | 110 |
| 3. Réactifs et autres produits | 110 |
| 4. Appareillage et verrerie | 110 |
| 5. Mode opératoire | 112 |
| 5.1. Écoulement – Fluidité | 112 |
| 5.1.1. Angle de talus (α_T ou angle de repos) | 112 |
| 5.1.2. Compressibilité (C) | 112 |
| 5.1.3. Angle de spatule (α_S) | 114 |
| 5.1.4. Cohésion (C_o) | 114 |
| 5.1.5. Détermination de l'uniformité (U) | 115 |
| 5.2. Éboulement – Déferlement | 115 |
| 5.2.1. Angle de chute (α_C) | 115 |
| 5.2.2. Différence d'angle (α_D) | 115 |
| 5.2.3. Dispersibilité (D_{air}) | 116 |
| 6. Expression des résultats | 116 |
| 6.1. Écoulement – Fluidité | 116 |
| 6.2. Éboulement – Déferlement | 116 |
| 7. Remarques | 116 |
| 8. Valeurs de fidélité | 119 |
| 9. Exemples | 119 |
| Références bibliographiques | 122 |

Chapitre 9

Détermination de la masse volumique, de la teneur en air interstitiel et de la teneur en air occlus

| | |
|-------------------------|-----|
| 1. Définition | 124 |
| 2. Principe | 124 |

| | |
|---|-----|
| 3. Méthodes | 124 |
| 3.1. Masse volumique apparente (ρ_A) et masse volumique tassée (ρ_T). | 124 |
| 3.2. Masse volumique vraie (ρ_V) | 124 |
| 4. Appareillage et verrerie | 124 |
| 4.1. Masse volumique apparente (ρ_A) et masse volumique tassée (ρ_T). | 125 |
| 4.2. Masse volumique vraie (ρ_V) | 125 |
| 5. Protection individuelle | 125 |
| 6. Mode opératoire | 125 |
| 6.1. Masse volumique apparente (ρ_A) et masse volumique tassée (ρ_T). | 125 |
| 6.2. Masse volumique vraie (ρ_V) | 126 |
| 7. Expression des résultats. | 126 |
| 7.1. Masse volumique apparente (ρ_A). | 126 |
| 7.2. Masse volumique tassée (ρ_T). | 126 |
| 7.3. Masse volumique vraie (ρ_V) | 126 |
| 7.4. Air interstitiel (AI) | 127 |
| 7.5. Air occlus (AO). | 127 |
| 8. Remarques | 127 |
| 9. Valeurs de fidélité | 128 |
| 10. Exemples. | 128 |
| Références bibliographiques | 131 |

Chapitre 10

Détermination de la couleur et de l'aspect

| | |
|--|-----|
| 1. Détermination de la couleur. | 133 |
| 1.1. Définitions. | 133 |
| 1.2. Principe | 136 |
| 1.3. Appareillage et verrerie | 136 |
| 1.4. Mode opératoire. | 137 |
| 1.4.1. Préparation de l'échantillon pour essai | 137 |
| 1.4.2. Mesure | 137 |
| 1.5. Expression des résultats | 138 |
| 1.6. Valeurs de fidélité | 138 |
| 1.7. Exemples | 138 |
| 2. Détermination de la présence de particules brûlées. | 140 |
| 2.1. Définition. | 140 |
| 2.2. Principe | 140 |
| 2.3. Appareillage et verrerie | 140 |
| 2.4. Réactif | 141 |
| 2.5. Protocole | 141 |
| 2.6. Expression des résultats | 141 |
| 2.7. Valeurs de fidélité | 141 |
| 2.8. Remarques. | 142 |
| 2.9. Exemples | 142 |
| Références bibliographiques | 143 |

Détermination de l'activité d'eau, de l'isotherme de sorption
et de l'hygroscopicité des poudres

| | |
|--|-----|
| 1. Détermination de l'activité d'eau | 145 |
| 1.1. Définition | 145 |
| 1.2. Principe | 146 |
| 1.3. Méthode | 147 |
| 1.3.1. Hygromètres électriques : méthode de la mesure de l'HRE . . . | 147 |
| 1.3.2. Hygromètre à miroir : méthode de la mesure du point de rosée | 147 |
| 1.4. Appareillage et verrerie | 147 |
| 1.5. Protection individuelle | 147 |
| 1.6. Mode opératoire | 148 |
| 1.7. Expression des résultats | 148 |
| 1.8. Remarques | 148 |
| 1.9. Valeurs de fidélité | 148 |
| 1.10. Exemples | 149 |
| 2. Détermination de l'isotherme de sorption | 150 |
| 2.1. Définition | 150 |
| 2.2. Principe | 150 |
| 2.3. Méthode | 150 |
| 2.3.1. Méthode statique | 150 |
| 2.3.2. Méthode dynamique | 151 |
| 2.4. Réactifs et autres produits | 152 |
| 2.5. Appareillage et verrerie | 152 |
| 2.5.1. Méthode statique | 152 |
| 2.5.2. Méthode dynamique | 152 |
| 2.6. Protection individuelle | 152 |
| 2.7. Mode opératoire | 152 |
| 2.7.1. Préparation de l'échantillon pour essai | 152 |
| 2.7.2. Prise d'essai | 152 |
| 2.7.3. Détermination | 153 |
| 2.8. Expression des résultats | 153 |
| 2.9. Remarques | 153 |
| 2.10. Valeurs de fidélité | 154 |
| 2.11. Exemples | 154 |
| 3. Détermination de l'hygroscopicité | 160 |
| 3.1. Définition | 160 |
| 3.2. Principe | 160 |
| 3.3. Réactifs et autres produits | 160 |
| 3.4. Appareillage et verrerie | 160 |
| 3.5. Protection individuelle | 160 |
| 3.6. Mode opératoire | 160 |
| 3.6.1. Préparation de l'échantillon pour essai | 160 |
| 3.6.2. Prise d'essai | 160 |
| 3.6.3. Détermination | 161 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 3.7. Expression des résultats | 161 |
| 3.8. Remarques | 162 |
| 3.9. Valeurs de fidélité | 162 |
| 3.10. Exemples | 163 |
| Références bibliographiques | 164 |

Chapitre 12

Détermination de la plage de température de transition vitreuse

| | |
|--|-----|
| 1. Définition | 167 |
| 2. Principe | 168 |
| 3. Méthodes | 168 |
| 3.1. L'analyse calorimétrique différentielle | 168 |
| 3.2. Méthode rhéologique | 168 |
| 4. Appareillage et verrerie | 169 |
| 4.1. Calorimétrie différentielle | 169 |
| 4.2. Méthode rhéologique | 169 |
| 5. Protection individuelle | 169 |
| 6. Mode opératoire | 170 |
| 6.1. Calorimétrie différentielle | 170 |
| 6.2. Méthode rhéologique | 170 |
| 7. Expression des résultats | 171 |
| 7.1. Calorimétrie différentielle | 171 |
| 7.2. Méthode rhéologique | 171 |
| 8. Remarques | 172 |
| 9. Valeurs de fidélité | 173 |
| 10. Exemples | 173 |
| Références bibliographiques | 175 |

Chapitre 13

Détermination de l'aptitude à la réhydratation

| | |
|---|-----|
| 1. Détermination de la mouillabilité | 177 |
| 1.1. Définition | 177 |
| 1.2. Principe | 178 |
| 1.3. Appareillage et verrerie | 178 |
| 1.4. Mode opératoire | 178 |
| 1.5. Expression des résultats | 178 |
| 1.6. Remarques | 178 |
| 1.7. Valeurs de fidélité | 179 |
| 1.8. Exemples | 179 |
| 2. Détermination de la dispersibilité | 179 |
| 2.1. Définition | 179 |
| 2.2. Principe | 180 |
| 2.3. Appareillage et verrerie | 181 |

| | |
|---|-----|
| 2.4. Mode opératoire | 181 |
| 2.5. Expression des résultats | 181 |
| 2.6. Remarques | 182 |
| 2.7. Valeurs de fidélité | 182 |
| 2.8. Exemples | 182 |
| 3. Détermination de la solubilité | 182 |
| 3.1. Définition | 182 |
| 3.2. Principe | 183 |
| 3.3. Réactifs et autres produits | 184 |
| 3.4. Appareillage et verrerie | 184 |
| 3.5. Mode opératoire | 184 |
| 3.6. Expression des résultats | 185 |
| 3.7. Remarques | 185 |
| 3.8. Valeurs de fidélité | 185 |
| 3.9. Exemples | 186 |
| Références bibliographiques | 187 |

Chapitre 14

Synthèse et conclusion générale