

**BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR AGRICOLE
E7-1 ANALYSES ET CONTRÔLES**

Option : ANABIOTEC

Durée : 3 heures

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte **14** pages

SUJET

Jambon allégé en sel

Le service marketing d'une entreprise de charcuterie salaison souhaite commercialiser un jambon cuit supérieur allégé en sel de 25 %. La teneur habituelle de sel dans le jambon cuit est de 2 g pour 100 g de produit.

Le laboratoire assiste le service R et D dans la mise au point de ce produit. Ce jambon après tranchage sera conditionné en barquette sous atmosphère modifiée. Il sera vendu dans la grande distribution.

A partir du 13 décembre 2016, les entreprises agroalimentaires devront respecter le règlement INCO UE N°1169/2011 (Information des consommateurs sur les denrées alimentaires).

Ce règlement spécifie les mentions obligatoires devant figurer sur l'étiquette d'un produit pré-emballé, en particulier :

- la valeur énergétique,
- les teneurs en graisses, acides gras saturés, glucides, sucres, protéines et sel.

La diminution de la teneur en sel (NaCl) doit être mesurée précisément pour la rédaction de l'étiquette dans le cadre imposé par ce règlement.

Elle aura aussi un impact important sur les qualités organoleptiques et surtout sur la durée de vie du produit. Le laboratoire de l'entreprise doit mettre en place les analyses permettant de vérifier la conformité du produit avec ce règlement.

Partie 1 : Détermination de la teneur en sel (11 points)

Le PNNS (Plan National Nutrition Santé) alerte depuis longtemps les industriels et les consommateurs sur la nécessité de diminuer la teneur en sel des denrées alimentaires transformées.

1.1. À partir des **documents 1 et 2**, présenter les rôles du sel. Préciser la nécessité de diminuer sa teneur dans les denrées alimentaires transformées.

1.2. Le règlement UE 1169/2011 spécifie que la teneur en sel est calculée à partir de la formule :
$$sel = sodium \times 2,5.$$

Justifier l'utilisation du coefficient 2,5 pour calculer la teneur en sel.

1.3. À l'aide du **document 3**, mettre en évidence les critères de choix des méthodes de dosage du sel dans le jambon à analyser.

1.4. Le laboratoire est équipé d'un spectrophotomètre d'émission de flamme.

Le laboratoire recherche la teneur en sodium $t(\text{Na}^+)$ en g pour 100 g de jambon lors d'un essai de production de jambon allégé en sel. Pour cela il utilise une méthode interne, expliquée dans le **document 4**.

1.4.1. Nommer l'analyte et la matrice de cette analyse.

1.4.2. Identifier les différentes étapes de l'analyse.

1.4.3. La réalisation d'une gamme étalon a permis d'obtenir les résultats suivants :

| | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Concentration massique en Na^+ (g.L^{-1}) : $C(\text{Na}^+)$ | 0,005 | 0,010 | 0,015 | 0,020 | 0,025 | 0,030 |
| Intensité lumineuse I (unité arbitraire) | 21 | 36 | 56 | 72 | 87 | 100 |

Déterminer l'équation de la droite $I = a C(\text{Na}^+) + b$ et le coefficient de corrélation r .

1.4.4. La valeur moyenne de l'intensité lumineuse associée à l'échantillon, allégé en sel de moins 25 %, est de 55 (unité arbitraire).

Calculer la teneur en sodium $t(\text{Na}^+)$ de l'échantillon puis sa teneur en sel $t(\text{NaCl})$.

Vérifier si ce résultat est conforme sachant que la tolérance relative au sel sur l'étiquetage est telle que :

| | |
|---|---|
| Tolérance relative au sel sur l'étiquetage (d'après « European commission, Health and consumers directorate-General », décembre 2012) : | |
| Sel | $< 1,25 \text{ g pour } 100 \text{ g} : \pm 0,375 \text{ g}$ $\geq 1,25 \text{ g pour } 100 \text{ g} : \pm 20 \%$ |

Donnée :

Calcul pour déterminer $t(\text{Na}^+)$:

$$t(\text{Na}^+) = \frac{I-b}{a} \times 40 \text{ avec } I \text{ intensité lumineuse (unité arbitraire)}$$

1.5. Le laboratoire souhaite vérifier la répétabilité de cette méthode. Un technicien effectue dans les conditions de répétabilité 10 mesures de la teneur en sel sur un même échantillon de jambon. On suppose que la variable aléatoire X , qui à chaque analyse associe la mesure de la teneur en Na^+ , est distribuée selon une loi normale de moyenne μ et d'écart type σ .

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Teneur en sel (g/100g) | 1,53 | 1,55 | 1,48 | 1,53 | 1,48 | 1,50 | 1,52 | 1,50 | 1,47 | 1,51 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

1.5.1. Déterminer la moyenne \bar{x} et la variance s^2 de cet échantillon. Arrondir les résultats à 10^{-4} .

1.5.2. La répétabilité des mesures est considérée comme satisfaisante si la variance est inférieure à 0,003. On effectuera un test de conformité d'une variance au seuil de risque $\alpha = 0,05$.

On pose : $H_0 : \sigma^2 = 0,003$

et $H_1 : \sigma^2 > 0,003$

On admet que la variable aléatoire de décision $\frac{nS^2}{\sigma^2}$ est distribuée selon la loi du

Khi2 à $n-1$ degrés de liberté (**document 8**).

Mettre en œuvre le test en précisant la règle de décision, les calculs et l'interprétation.

1.5.3. Le technicien veut vérifier, par un test de conformité d'une moyenne au seuil de risque $\alpha = 0,05$, si la teneur en sel de ces nouveaux jambons est égale à 1,5 g/100 g. Pour cela, il applique la méthode validée précédemment sur un échantillon de 12 jambons. La moyenne \bar{x} de l'échantillon est égale à 1,512 et la variance s^2 est égale à 0,001.

On admet que la variable aléatoire de décision $\frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n-1}}}$ est distribuée selon la loi de Student à

$n-1$ degrés de liberté (**document 9**).

Mettre en œuvre le test en précisant les hypothèses, la règle de décision, les calculs et l'interprétation.

Partie 2 : Détermination de la durée de vie microbiologique (9 points)

Le service R et D a demandé la fabrication de lots de jambons à teneur réduite en sel et souhaite vérifier que la DLC n'a pas été impactée.

Les **documents 5** et **6** précisent les éléments à prendre en compte pour déterminer la durée de vie microbiologique de produits alimentaires.

2.1. Élaborer le plan de contrôle à mettre en place pour valider la DLC.

2.2. Le **document 7** liste différentes méthodes validées AFNOR pour la recherche de *Listeria monocytogenes* dans les aliments.

2.2.1. Préciser au moins 4 caractéristiques des méthodes d'analyses validées AFNOR par rapport aux méthodes officielles normalisées de référence.

2.2.2. Expliquer succinctement le principe des 3 types de méthode.

2.2.3. Préciser le matériel spécifique (hors consommable) nécessaire pour chaque type de méthode.

2.2.4. Indiquer le principal critère de choix à prendre en compte par le laboratoire pour la recherche de *Listeria monocytogenes* et le justifier.

2.3. Les résultats obtenus par le laboratoire de l'entreprise pour les 2 flores suivantes sur 5 unités d'un lot à l'issue du test de vieillissement sont les suivants :

| Flore aérobie en UFC/ Boîte | | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------|------------------|--------------|
| Dilutions du produit | | | | |
| | 10 ⁻⁴ | | 10 ⁻⁵ | |
| unité 1 | Boîte 1 : 160 | Boîte 2 : 172 | Boîte 1 : 15 | Boîte 2 : 20 |
| unité 2 | Boîte 1 : 180 | Boîte 2 : 166 | Boîte 1 : 25 | Boîte 2 : 15 |
| unité 3 | Boîte 1 : 100 | Boîte 2 : 80 | Boîte 1 : 10 | Boîte 2 : 6 |
| unité 4 | Boîte 1 : 96 | Boîte 2 : 102 | Boîte 1 : 5 | Boîte 2 : 7 |
| unité 5 | Boîte 1 : 165 | Boîte 2 : 179 | Boîte 1 : 18 | Boîte 2 : 26 |

Pour *Listeria monocytogenes*, aucune culture n'a été observée sur les boîtes pour les 5 unités.

A l'aide du **document 10**, interpréter ces résultats puis conclure quant à la DLC choisie.
En cas de résultat non conforme, proposer les actions correctives à mettre en place.

DOCUMENT 1

Extrait du Rapport du groupe PNNS sur le sel de la DGAL de Mars 2013 Contexte technologique et microbiologique

1. Rôles technologiques du sel pour les industries alimentaires

Le sel dans les aliments peut avoir plusieurs fonctions dont notamment :

***exhausteur du goût** : goût salé qui dépend de Na^+ mais aussi du Cl^- car il affecte les récepteurs des cellules, sous sa forme libre. En revanche, les ions Na^+ et Cl^- liés (en fortes interactions avec les macromolécules) seraient sans incidence ;

***conservateur** par réduction de l'activité d'eau ;

***rétenant d'eau** : interaction avec les protéines ;

***inhibiteur/activateur de réactions enzymatiques** : exemples : inhibition de protéases dans la viande qui limite la dégradation du produit.

2. Impacts microbiologiques et sanitaires de la réduction de la teneur en sel dans les aliments

Taux de sel et activité de l'eau

L'*aw* (activité en eau – activity water) peut être définie comme la proportion d'eau disponible pour les réactions biologiques et donc la croissance des microorganismes. L'*aw* s'exprime par un nombre sans dimension compris entre 0 et 1. Chaque micro-organisme est défini par son *aw* min, valeur limite au-dessous de laquelle la croissance du micro-organisme n'est plus possible.

La diminution de l'activité de l'eau dans les aliments est une méthode usuelle pour la conservation des aliments. Le sel (NaCl) est avec d'autres composés (comme le sucre) un des principaux constituants qui réduit l'activité de l'eau (*aw*) des aliments. Il existe une relation directe entre la concentration en sel et l'*aw*, en effet, plus on augmente la concentration en sel plus l'*aw* diminue.

Selon le type d'aliment et sa composition initiale, la réduction du taux de sel peut parfois permettre la multiplication de micro-organismes pathogènes, l'altération de l'aliment, ou conduire à une multiplication microbienne plus rapide et ainsi raccourcir la durée de vie des aliments concernés. La baisse de la teneur en sel des aliments pourrait favoriser la croissance de *Listeria monocytogenes* par exemple.

DOCUMENT 2

D'après : Le Figaro.fr Fiches Santé Dossier Nutrition aliments - Septembre 2014

Sel : Quels effets sur la santé ?

Indispensable à l'équilibre alimentaire, le sel ou chlorure de sodium, est pourtant néfaste lorsqu'il est consommé en excès. Présent dans de nombreux aliments transformés, c'est l'un des fléaux du XXIème siècle dans les pays industrialisés.

Le sel est constitué de chlore et de sodium. Dans 1 gramme de sel, il y a 600 mg de chlore et 400 mg de sodium, d'où le nom de chlorure de sodium.

4g de sodium sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme : transmission des signaux nerveux, contraction musculaire et fonctionnement des reins en assurant une bonne hydratation.

Le sodium gouverne, avec le potassium, tout l'équilibre hydrique de l'organisme. Il règle la répartition de l'eau corporelle, les mouvements de cette eau dans l'organisme, les échanges entre l'eau intracellulaire (où se trouve le potassium) et l'eau extracellulaire. La totalité du sodium apportée par l'alimentation est en permanence absorbée dans le tube digestif pour rejoindre le sang. Le surplus est filtré et éliminé par les reins en même temps que la quantité d'eau nécessaire.

Un excès de sel donne soif parce que l'équilibre hydrique de l'organisme est perturbé par une élimination importante.

En plus, une surconsommation de sel (plus de 12 g/jour) a des effets néfastes sur la santé notamment en augmentant la pression artérielle et le développement de maladies cardiovasculaires. Les personnes souffrant d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou de diabète, sont particulièrement sensibles aux effets négatifs du sel. Une consommation excessive serait également un facteur de risque d'ostéoporose, une maladie provoquant la fragilisation des os et pouvant favoriser l'apparition de fractures.

DOCUMENT 3

Extrait du Rapport du groupe PNNS sur le sel de la DGAL de Mars 2013

Différentes méthodes de dosage du sel

Les méthodes de dosage développées dans ce chapitre sont celles les plus utilisées par l'industrie agroalimentaire.

1. La spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS)

Principe :

1. Mise en solution de l'échantillon.
2. Introduction de l'échantillon dans une chambre de vaporisation.
3. Nébulisation de l'échantillon à l'aide d'argon gazeux (transformation en un aérosol liquide composé de micro gouttelettes de quelques μm).
4. Ionisation: L'aérosol est envoyé dans une torche à plasma d'argon à très haute température (entre 6 000 et 10 000°C) suffisante pour vaporiser, dissocier, atomiser et ioniser complètement la plupart des éléments.
5. Séparation (m/z) et détection.

2. La spectrométrie d'émission atomique par plasma inductif (ICP-AES)

Cette technique est similaire à la spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif mais elle s'arrête au stade d'ionisation.

Principe :

1. Mise en solution de l'échantillon.
2. Introduction de l'échantillon dans une chambre de vaporisation.
3. Nébulisation de l'échantillon à l'aide d'argon gazeux (transformation en un aérosol liquide composé de micro gouttelettes de quelques μm).
4. Ionisation: L'aérosol est envoyé dans une torche à plasma d'argon à très haute température (entre 6 000 et 10 000°C) suffisante pour vaporiser, dissocier, atomiser et ioniser complètement la plupart des éléments.
5. Retour à l'état fondamental, émission d'un photon dans l'ultraviolet et le visible, détection et comptage des photons, puis comparaison du signal à celui d'une gamme étalon.

L'ICP-MS et l'ICP-AES sont des méthodes très précises, elles possèdent en effet des limites de détection extrêmement faibles.

Cependant, l'équipement est très cher et une formation technique spécifique est requise pour son utilisation.

3. La spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

Cette technique permet de doser uniquement le sodium, il faut donc dissocier les chlorures.

Principe :

1. Mise en solution.
2. Pulvérisation dans une flamme ou dans un four en graphite et transformation en vapeurs atomiques.
3. Envoi sur ces vapeurs d'une radiation caractéristique des atomes à doser (longueur d'onde de la raie de résonance le plus souvent).
4. Absorption de la radiation par les atomes non excités sur le trajet de la lumière.
5. Comparaison des absorbances obtenues à celles de la solution étalon.

Le prix de la machine est élevé (environ 100 000 euros), mais l'analyse par sous-traitance reste abordable. La limite de détection est de l'ordre du ppm en flamme et du ppb en four.

4. Le titrage colorimétrique

La méthode de Charpentier-Volhard

Cette méthode concerne les produits acides. Elle s'applique au fromage, à la viande, aux autres produits à base de viande et aux produits de la mer transformés.

Principe : Il s'agit d'une méthode de dosage des ions Cl^- par l'utilisation de 2 solutions étalons (AgNO_3 et KSCN).

1. Ajout de AgNO_3 en excès : $\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{AgCl}(\text{s})$
2. Dosage de l'excès d'ions d'argent par une solution titrée de thiocyanate de potassium (KSCN) : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{AgSCN}(\text{s})$ (couleur blanche)
3. Détection du point de fin de titrage à l'aide d'un indicateur composé d'ion fer (III), l'alun de fer ammoniacal : $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$ (couleur rouge-orange)

Le titrage colorimétrique est peu cher et simple mais n'est pas spécifique au sodium. Il existe des interférences entre l' AgCl et le KSCN du fait d'une solubilité supérieure de l' AgCl . Il est impossible de réaliser le dosage en conditions neutres ou alcalines du fait d'une précipitation des ions ferriques et aluminium sous forme d'hydroxydes peu solubles : $\text{Fe}(\text{OH})_3$ et $\text{Al}(\text{OH})_3$.

DOCUMENT 4

Détermination de la teneur en sodium par spectrométrie d'émission de flamme (méthode interne au laboratoire)

1. Principe

Extraction du sodium du jambon à l'eau chaude par précipitation des protéines et filtration.
Préparation d'une gamme étalon de sodium de 5 ppm à 30 ppm .
Tracer d'une droite d'étalonnage, après analyse des étalons par spectrométrie d'émission de flamme.
Mesures photométriques de l'échantillon.

2. Réactifs

– Solutions pour la précipitation des protéines :

Réactif Carrez I : dissoudre 106 g d'hexacyanoferrate de potassium pour 1000 mL d'eau osmosée.

Réactif Carrez II : mélanger 220 g d'acétate de zinc et 30 mL d'acide acétique cristallisable pur pour 1000 L.

– Solutions étalons de sodium :

Préparer une solution mère de 1,0 g.L⁻¹ de sodium.

Préparer 6 solutions étalons dans des fioles jaugées de 100 mL :

| Numéro fiole | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-----|----|-----|----|-----|----|
| V solution mère (mL) | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
| Concentration en Na (mg.L ⁻¹) | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

3. Mode opératoire

Préparation de l'échantillon pour essai :

- Hacher au moins 200 g de jambon en le rendant homogène selon NF V 004-416, décembre 1999. L'introduire dans un flacon étanche que l'on remplit complètement et le conserver en évitant toute détérioration. L'analyser le plus rapidement possible.
- Peser 10 g d'échantillon à 0,001g près et les introduire quantitativement dans un erlenmeyer.
- Ajouter 100 mL d'eau chaude et transférer l'ensemble au bain marie bouillant pendant 15 minutes, en agitant périodiquement.
- Laisser refroidir l'erlenmeyer jusqu'à température ambiante puis ajouter successivement 2 mL de réactif de Carrez I et 2 mL réactif de Carrez II. Bien mélanger après chaque addition.
- Laisser reposer durant 30 minutes à température ambiante.
- Transvaser dans une fiole jaugée de 200 mL et compléter au trait de jauge.
- Bien mélanger puis filtrer à l'aide d'un filtre papier plissé.

Courbe d'étalonnage au spectrophotomètre d'émission de flamme *Flame Photometer 410* (voir schéma ci-dessous : « *Fonctionnement du spectrophotomètre d'émission de flamme 410* ») :

Tracer la courbe d'étalonnage en portant l'intensité lumineuse I en fonction des concentrations de sodium en g/L des solutions étalons.

Détermination :

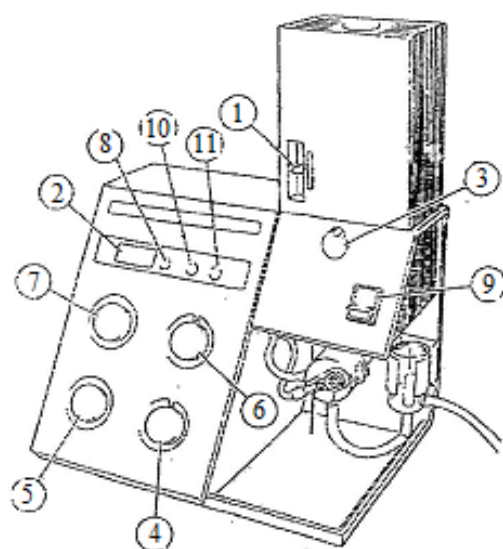
Diluer l'échantillon au 1/20^{ème}.

Mesurer l'intensité lumineuse de cette solution au spectrophotomètre de flamme.

Expression des résultats : Calculer la teneur en sodium de l'échantillon en g pour 100g.

DOCUMENT 4 (suite)

FONCTIONNEMENT DU SPECTOPHOTOMETRE D'EMISSION DE FLAMME 410



Panneau avant

1. Sélectionneur de filtre (Na,K, Cl, Ca)
2. Affichage numérique
3. Trappe d'inspection de flamme
4. Bouton fuel de réglage du débit de gaz
5. Réglage du blanc
6. Réglage de la sensibilité (grossier)
7. Réglage de la sensibilité (fin)
8. Bouton poussoir pour la virgule
9. Bouton Marche/Arrêt
10. Voyant Marche/Arrêt
11. Voyant témoin de flamme

DOCUMENT 5

Éléments à prendre en compte pour une démarche de détermination de la durée de vie microbiologique pour les industriels de l'industrie Agro-alimentaire. (D'après fiche de synthèse du LDA De la Vendée, [www.Inovalys_Testes de vieillissements et analyses à la DLC.htm](http://www.Inovalys_Testes_de_vieillessements_et_analyses_la_DLC.htm))

1- Nombre d'unités à analyser par échantillon:

Le règlement 2073/2005 indique que 5 unités sont nécessaires au minimum, mais il appartient à l'industriel d'adapter ce nombre à la taille du lot et au nombre de lot fabriqués par semaine.

2- Durée de conservation :

Il peut être préférable d'allonger de 10% la DLC fixée. Pour un jambon cuit supérieur pré-emballé, la DLC est généralement de 19 jours.

3- Températures de conservation :

Le produit doit être mis à vieillir dans des conditions a priori défavorables, en envisageant les réalités de conservation et transports. La durée totale du test est de X jours.

-Si le produit doit être conservé réfrigéré, placez-le pendant X/3 jours à la température de 4°C puis pendant (2X)/3 jours à la température de 8°C (température moyenne d'un réfrigérateur ménager). Au moment du changement de température, opérer une rupture de chaîne du froid de 2h à 20°C (stockage dans le coffre de la voiture de l'acheteur).

4- Choix des critères à appliquer :

Les analyses doivent porter sur les critères du règlement 2073/2005 et ceux de la FCD (Fédération des entreprises du Commerce et de la Distribution).

DOCUMENT 6

Critères FCD Jambons cuits tranchés ou remanipulés. En UFC/g de produit

| Germes | Critères Règlement 2073/2005 | Critères à DLC de la FCD | Méthodes d'analyse |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Flore aérobie | | 10 ⁶ (n=5 et c=2) | NF EN ISO 4833 |
| Flore lactique | | À dénombrer | NF EN ISO 15214 |
| Rapport flore aérobie/flore lactique | | 10 ² | |
| Entérobactéries | | 50 | NF V08-054 |
| <i>E.coli</i> | | 10 | NF EN ISO 16649-2 |
| Staphylocoques à coagulase + | | 10 ² | F EN ISO 6888-2 |
| <i>Clostridium perfringens</i> | | 30 | NF EN ISO 7937 |
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Absence dans 25 g (n=5 et c=0) | | Validée |

DOCUMENT 7

Extrait de la liste des méthodes validées AFNOR pour la recherche de *Listeria monocytogenes* dans les denrées alimentaires (un pré-enrichissement est nécessaire pour toutes les techniques)

Milieux de culture

AL/Gélose (Recherche)

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes* et *Listeria spp*

Titulaire : BIO-RAD

ALOA One Day

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes* et *Listeria spp*

Titulaire : bioMérieux

CHROMagar Listeria

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : CHROMagar

COMPASS Listeria Agar (Recherche)

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes* et *Listeria spp*

Titulaire : SOLABIA S.A.S.

Gélose chromID Lmono

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : bioMérieux

Listeria Precis (Recherche)

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : OXOID Ltd

RAPID'L.mono (Recherche)

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes* et *Listeria spp*

Titulaire : BIO-RAD

Tests de biologie moléculaire

ADIAFOOD Listeria monocytogenes

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : bioMérieux

GeneDisc Listeria monocytogenes

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : Pall GeneDisc Technologies

iQ-Check Listeria monocytogenes II

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : BIO-RAD

Tests immuno-enzymatiques

Transia Plate Listeria monocytogenes

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : BioControl Systems

VIDAS Listeria monocytogenes 2 (LMO2 – avec étape d'enrichissement à 30°C)

Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : bioMérieux

VIDAS Listeria monocytogenes Xpress (LMX)

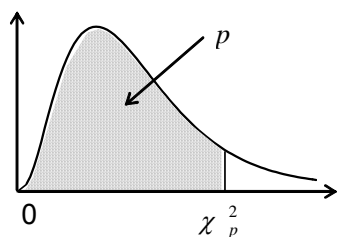
Type de méthode : Détection des *Listeria monocytogenes*

Titulaire : bioMérieux

DOCUMENT 8

Fonction de répartition d'une variable du Khi2 à k degrés de liberté

Valeurs χ^2_p telles que $\text{Prob}(\chi^2 \leq \chi^2_p) = p$

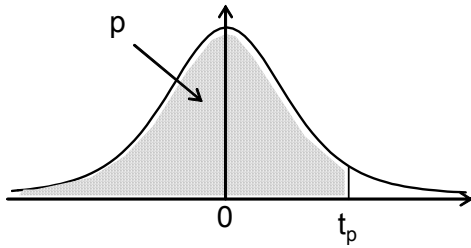


| k \ p | 0,005 | 0,010 | 0,025 | 0,050 | 0,100 | 0,900 | 0,950 | 0,975 | 0,990 | 0,995 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,004 | 0,02 | 2,71 | 3,84 | 5,02 | 6,63 | 7,88 |
| 2 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,21 | 4,61 | 5,99 | 7,38 | 9,21 | 10,60 |
| 3 | 0,07 | 0,11 | 0,22 | 0,35 | 0,58 | 6,25 | 7,81 | 9,35 | 11,34 | 12,84 |
| 4 | 0,21 | 0,30 | 0,48 | 0,71 | 1,06 | 7,78 | 9,49 | 11,14 | 13,28 | 14,86 |
| 5 | 0,41 | 0,55 | 0,83 | 1,15 | 1,61 | 9,24 | 11,07 | 12,83 | 15,09 | 16,75 |
| 6 | 0,68 | 0,87 | 1,24 | 1,64 | 2,20 | 10,64 | 12,59 | 14,45 | 16,81 | 18,55 |
| 7 | 0,99 | 1,24 | 1,69 | 2,17 | 2,83 | 12,02 | 14,07 | 16,01 | 18,48 | 20,28 |
| 8 | 1,34 | 1,65 | 2,18 | 2,73 | 3,49 | 13,36 | 15,51 | 17,53 | 20,09 | 21,95 |
| 9 | 1,73 | 2,09 | 2,70 | 3,33 | 4,17 | 14,68 | 16,92 | 19,02 | 21,67 | 23,59 |
| 10 | 2,16 | 2,56 | 3,25 | 3,94 | 4,87 | 15,99 | 18,31 | 20,48 | 23,21 | 25,19 |
| 11 | 2,60 | 3,05 | 3,82 | 4,57 | 5,58 | 17,28 | 19,68 | 21,92 | 24,73 | 26,76 |
| 12 | 3,07 | 3,57 | 4,40 | 5,23 | 6,30 | 18,55 | 21,03 | 23,34 | 26,22 | 28,30 |
| 13 | 3,57 | 4,11 | 5,01 | 5,89 | 7,04 | 19,81 | 22,36 | 24,74 | 27,69 | 29,82 |
| 14 | 4,07 | 4,66 | 5,63 | 6,57 | 7,79 | 21,06 | 23,68 | 26,12 | 29,14 | 31,32 |
| 15 | 4,60 | 5,23 | 6,26 | 7,26 | 8,55 | 22,31 | 25,00 | 27,49 | 30,58 | 32,80 |
| 16 | 5,14 | 5,81 | 6,91 | 7,96 | 9,31 | 23,54 | 26,30 | 28,85 | 32,00 | 34,27 |
| 17 | 5,70 | 6,41 | 7,56 | 8,67 | 10,09 | 24,77 | 27,59 | 30,19 | 33,41 | 35,72 |
| 18 | 6,26 | 7,01 | 8,23 | 9,39 | 10,86 | 25,99 | 28,87 | 31,53 | 34,81 | 37,16 |
| 19 | 6,84 | 7,63 | 8,91 | 10,12 | 11,65 | 27,20 | 30,14 | 32,85 | 36,19 | 38,58 |
| 20 | 7,43 | 8,26 | 9,59 | 10,85 | 12,44 | 28,41 | 31,41 | 34,17 | 37,57 | 40,00 |
| 21 | 8,03 | 8,90 | 10,28 | 11,59 | 13,24 | 29,62 | 32,67 | 35,48 | 38,93 | 41,40 |
| 22 | 8,64 | 9,54 | 10,98 | 12,34 | 14,04 | 30,81 | 33,92 | 36,78 | 40,29 | 42,80 |
| 23 | 9,26 | 10,20 | 11,69 | 13,09 | 14,85 | 32,01 | 35,17 | 38,08 | 41,64 | 44,18 |
| 24 | 9,89 | 10,86 | 12,40 | 13,85 | 15,66 | 33,20 | 36,42 | 39,36 | 42,98 | 45,56 |
| 25 | 10,52 | 11,52 | 13,12 | 14,61 | 16,47 | 34,38 | 37,65 | 40,65 | 44,31 | 46,93 |
| 26 | 11,16 | 12,20 | 13,84 | 15,38 | 17,29 | 35,56 | 38,89 | 41,92 | 45,64 | 48,29 |
| 27 | 11,81 | 12,88 | 14,57 | 16,15 | 18,11 | 36,74 | 40,11 | 43,19 | 46,96 | 49,65 |
| 28 | 12,46 | 13,56 | 15,31 | 16,93 | 18,94 | 37,92 | 41,34 | 44,46 | 48,28 | 50,99 |
| 29 | 13,12 | 14,26 | 16,05 | 17,71 | 19,77 | 39,09 | 42,56 | 45,72 | 49,59 | 52,34 |
| 30 | 13,79 | 14,95 | 16,79 | 18,49 | 20,60 | 40,26 | 43,77 | 46,98 | 50,89 | 53,67 |
| 35 | 17,19 | 18,51 | 20,57 | 22,47 | 24,80 | 46,06 | 49,80 | 53,20 | 57,34 | 60,27 |
| 40 | 20,71 | 22,16 | 24,43 | 26,51 | 29,05 | 51,81 | 55,76 | 59,34 | 63,69 | 66,77 |
| 45 | 24,31 | 25,90 | 28,37 | 30,61 | 33,35 | 57,51 | 61,66 | 65,41 | 69,96 | 73,17 |
| 50 | 27,99 | 29,71 | 32,36 | 34,76 | 37,69 | 63,17 | 67,50 | 71,42 | 76,15 | 79,49 |
| 60 | 35,53 | 37,48 | 40,48 | 43,19 | 46,46 | 74,40 | 79,08 | 83,30 | 88,38 | 91,95 |
| 70 | 43,28 | 45,44 | 48,76 | 51,74 | 55,33 | 85,53 | 90,53 | 95,02 | 100,43 | 104,21 |
| 80 | 51,17 | 53,54 | 57,15 | 60,39 | 64,28 | 96,58 | 101,88 | 106,63 | 112,33 | 116,32 |
| 90 | 59,20 | 61,75 | 65,65 | 69,13 | 73,29 | 107,57 | 113,15 | 118,14 | 124,12 | 128,30 |
| 100 | 67,33 | 70,06 | 74,22 | 77,93 | 82,36 | 118,50 | 124,34 | 129,56 | 135,81 | 140,17 |

DOCUMENT 9

Fonction de répartition d'une variable de Student à k degrés de liberté.

Valeurs t_p telles que $\text{Prob}(T \leq t_p) = p$



| k \ p | 0,90 | 0,95 | 0,975 | 0,99 | 0,995 | 0,999 | 0,9995 |
|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 3,08 | 6,31 | 12,71 | 31,82 | 63,66 | 318,29 | 636,58 |
| 2 | 1,89 | 2,92 | 4,30 | 6,96 | 9,92 | 22,33 | 31,60 |
| 3 | 1,64 | 2,35 | 3,18 | 4,54 | 5,84 | 10,21 | 12,92 |
| 4 | 1,53 | 2,13 | 2,78 | 3,75 | 4,60 | 7,17 | 8,61 |
| 5 | 1,48 | 2,02 | 2,57 | 3,36 | 4,03 | 5,89 | 6,87 |
| 6 | 1,44 | 1,94 | 2,45 | 3,14 | 3,71 | 5,21 | 5,96 |
| 7 | 1,41 | 1,89 | 2,36 | 3,00 | 3,50 | 4,79 | 5,41 |
| 8 | 1,40 | 1,86 | 2,31 | 2,90 | 3,36 | 4,50 | 5,04 |
| 9 | 1,38 | 1,83 | 2,26 | 2,82 | 3,25 | 4,30 | 4,78 |
| 10 | 1,37 | 1,81 | 2,23 | 2,76 | 3,17 | 4,14 | 4,59 |
| 11 | 1,36 | 1,80 | 2,20 | 2,72 | 3,11 | 4,02 | 4,44 |
| 12 | 1,36 | 1,78 | 2,18 | 2,68 | 3,05 | 3,93 | 4,32 |
| 13 | 1,35 | 1,77 | 2,16 | 2,65 | 3,01 | 3,85 | 4,22 |
| 14 | 1,35 | 1,76 | 2,14 | 2,62 | 2,98 | 3,79 | 4,14 |
| 15 | 1,34 | 1,75 | 2,13 | 2,60 | 2,95 | 3,73 | 4,07 |
| 16 | 1,34 | 1,75 | 2,12 | 2,58 | 2,92 | 3,69 | 4,01 |
| 17 | 1,33 | 1,74 | 2,11 | 2,57 | 2,90 | 3,65 | 3,97 |
| 18 | 1,33 | 1,73 | 2,10 | 2,55 | 2,88 | 3,61 | 3,92 |
| 19 | 1,33 | 1,73 | 2,09 | 2,54 | 2,86 | 3,58 | 3,88 |
| 20 | 1,33 | 1,72 | 2,09 | 2,53 | 2,85 | 3,55 | 3,85 |
| 21 | 1,32 | 1,72 | 2,08 | 2,52 | 2,83 | 3,53 | 3,82 |
| 22 | 1,32 | 1,72 | 2,07 | 2,51 | 2,82 | 3,50 | 3,79 |
| 23 | 1,32 | 1,71 | 2,07 | 2,50 | 2,81 | 3,48 | 3,77 |
| 24 | 1,32 | 1,71 | 2,06 | 2,49 | 2,80 | 3,47 | 3,75 |
| 25 | 1,32 | 1,71 | 2,06 | 2,49 | 2,79 | 3,45 | 3,73 |
| 26 | 1,31 | 1,71 | 2,06 | 2,48 | 2,78 | 3,43 | 3,71 |
| 27 | 1,31 | 1,70 | 2,05 | 2,47 | 2,77 | 3,42 | 3,69 |
| 28 | 1,31 | 1,70 | 2,05 | 2,47 | 2,76 | 3,41 | 3,67 |
| 29 | 1,31 | 1,70 | 2,05 | 2,46 | 2,76 | 3,40 | 3,66 |
| 30 | 1,31 | 1,70 | 2,04 | 2,46 | 2,75 | 3,39 | 3,65 |
| 35 | 1,31 | 1,69 | 2,03 | 2,44 | 2,72 | 3,34 | 3,59 |
| 40 | 1,30 | 1,68 | 2,02 | 2,42 | 2,70 | 3,31 | 3,55 |
| 45 | 1,30 | 1,68 | 2,01 | 2,41 | 2,69 | 3,28 | 3,52 |
| 50 | 1,30 | 1,68 | 2,01 | 2,40 | 2,68 | 3,26 | 3,50 |
| 60 | 1,30 | 1,67 | 2,00 | 2,39 | 2,66 | 3,23 | 3,46 |
| 80 | 1,29 | 1,66 | 1,99 | 2,37 | 2,64 | 3,20 | 3,42 |
| 100 | 1,29 | 1,66 | 1,98 | 2,36 | 2,63 | 3,17 | 3,39 |
| 200 | 1,29 | 1,65 | 1,97 | 2,35 | 2,60 | 3,13 | 3,34 |
| 500 | 1,28 | 1,65 | 1,96 | 2,33 | 2,59 | 3,11 | 3,31 |
| 1000 | 1,28 | 1,65 | 1,96 | 2,33 | 2,58 | 3,10 | 3,30 |
| 10000 | 1,28 | 1,64 | 1,96 | 2,33 | 2,58 | 3,09 | 3,29 |

DOCUMENT 10

Expression des résultats de numération en milieu solide

$$\text{Données : } N = \frac{\sum C}{V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d}$$

où :

- $\sum C$ est la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de deux dilutions successives (on retiendra toutes les boîtes contenant au moins 15 colonies)
- V est le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte, en millilitres ;
- n_1 est le nombre des boîtes retenues à la première dilution ;
- n_2 est le nombre des boîtes retenues à la seconde dilution ;
- d est le taux de dilution correspondant à la première dilution retenue