

Faisabilité d'un allongement de la durabilité du poulet de chair frais préparé dans les abattoirs avicoles au Maroc

N. BOUCHRITI¹, R. TRIQUI¹, Z. EL BRINI¹, S. DAHANI¹

(Reçu le 23/03/2021; Accepté le 27/03/2021)

Résumé

L'objectif du présent travail a été de statuer sur la faisabilité d'un allongement de la date limite de validité (DLV) actuelle réglementaire du poulet de chair entier, éviscéré, conditionné sous film perméable à l'O₂ et réfrigéré en l'état, tel qu'abattu et préparé dans les abattoirs avicoles agréés au Maroc. À cet effet, trois essais ont été conduits sous des protocoles différents d'entreposage au froid. Pour chaque essai, les carcasses de poulet ont fait l'objet d'analyses sensorielles et microbiologiques. L'analyse sensorielle a porté sur l'appréciation des signes d'altération (odeur de relent et apparence). Les analyses microbiologiques ont porté sur le dénombrement des flores indicatrices d'altération (mésophile et psychrotrophe), ainsi que sur les flores indicatrices d'hygiène du process (coliformes fécaux et entérocoques). Le dénombrement et le suivi des microflore (totale et psychrotrophe) des carcasses de poulet, ont révélé des charges initiales relativement élevées, une prolifération microbienne régulière qui s'accélère à partir du cinquième au sixième jour après abattage, avec une dominance de la flore psychrotrophe en fin d'entreposage. Les charges élevées en coliformes fécaux et en entérocoques témoignent d'une contamination essentiellement apportée par les matières fécales des volailles. À la lumière des résultats obtenus, nous concluons qu'un allongement de la DLV réglementaire du poulet entier éviscéré conditionné réfrigéré en l'état (6 jours à 3°C) ne peut être envisagé sous les conditions actuelles d'abattage/préparation et de ressuyage. Parmi les pistes d'exploration de la possibilité d'allonger la durabilité, nous recommandons de faire une cartographie des sites critiques des contaminations au niveau des chaînes d'abattage/préparation, d'évaluer l'efficacité des procédures actuelles de nettoyage-désinfection quant à l'élimination de la flore responsable de l'altération, et d'améliorer les protocoles actuels de ressuyage.

Mots-clés: Poulet de chair, carcasses, DLV, abattoirs avicoles, réfrigération, altération, évaluation sensorielle, analyses microbiologiques, réglementation

Feasibility of shelf-life extension of broiler chicken prepared in Moroccan poultry slaughterhouses

Abstract

The objective of this study was to assess the feasibility of extending the mandatory shelf life of whole refrigerated poultry carcasses as slaughtered and prepared in approved Moroccan poultry slaughterhouses. For this purpose, three assays were conducted under different cold storage protocols. For each trial, poultry carcasses were subjected to sensory and microbiological analyses. Sensory evaluation involved the appreciation of signs of spoilage (odor and appearance). Microbiological analyses involved counting of microflora indicating spoilage (total mesophilic aerobic flora and psychrotrophs) along with that indicating hygiene (faecal coliforms and enterococci). The counting of mesophiles and psychrotrophs of refrigerated poultry carcasses revealed a quite high level of initial contamination, a steady microbial proliferation which accelerates during the fifth and sixth days post-slaughter. At the end of storage, psychrotrophs dominate. The high loads of faecal coliforms and enterococci were in agreement with a contamination that originates from poultry faecal matter. Nonetheless, these numbers should be pended in relation to the technique of sampling, which included the rinsing of the cloacae and abdomen. These preliminary results indicate that the mandatory shelf life of refrigerated poultry cannot be extended under the present conditions of slaughter, preparation and cooling. Means of extending the shelf life may include improving the current chilling procedures, a mapping of critical sites of contamination at the slaughter lines and an assessment of the actual efficiency of sanitation procedures with respect to the elimination of spoilage flora.

Keywords: poultry, carcasses, shelflife, poultry slaughterhouses, refrigeration, spoilage, sensory evaluation, microbial analyses, regulation

INTRODUCTION

Au Maroc, la filière avicole a connu un développement considérable au cours des dernières décennies. Ce développement a particulièrement intéressé les maillons de l'amont: couvoirs, industrie providière, et élevages industriels. Aujourd'hui, les intervenants de la filière reconnaissent que ces maillons ont bénéficié d'une mise à niveau sanitaire effective, alors que des efforts doivent encore être consentis au niveau de l'aval.

Il en est ainsi des abattoirs industriels avicoles qui ne comptent actuellement que 25 abattoirs agréés. Ces derniers souffrent encore de la concurrence déloyale du secteur d'abattage informel qui compte près de 15 000 tueries et par lequel transite 92 % de la production nationale avicole. En marge des campagnes de sensibilisation menées par l'ANAVI (Association Nationale des Abattoirs Avicoles, branche FISA-Maroc) auprès des professionnels de la distribution et de la restauration, sur les atouts

hygiéniques et sanitaires du poulet préparé dans les abattoirs, les exploitants de ce maillon de la filière souhaitent aussi bénéficier d'une meilleure flexibilité au niveau de la commercialisation/distribution, notamment en rapport avec l'allongement éventuel de la date limite de validité (DLV) actuelle fixée par la réglementation à 6 jours à 3°C, incluant le jour d'abattage (Arrêté conjoint n°2473-17 du 28 chaâbane 1439 (15 mai 2018)).

Le présent travail se fixe pour objectif d'apporter une réponse aux attentes des opérateurs de la filière en relation avec l'allongement possible de la DLV. Ainsi, et à travers 3 essais préliminaires réalisés dans deux abattoirs industriels agréés, nous avons essayé de montrer dans quelle mesure et sous quelles conditions cet allongement pouvait être envisageable.

L'étude a été menée à travers des analyses sensorielles et microbiologiques. L'analyse sensorielle a porté sur l'appréciation des signes d'altération du poulet en carcasse

¹ Unité d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale, Département de Pathologie et Santé Publique Vétérinaires, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

réfrigéré: odeur de relent et apparence. Les analyses microbiologiques ont porté sur le dénombrement des flores indicatrices de l'altération (flores mésophile et psychrotrophe), ainsi que sur les flores indicatrices de l'hygiène du process (coliformes fécaux et entérocoques).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le temps de rejet (temps écoulé après entreposage réfrigéré au-delà duquel le poulet est considéré comme impropre à la consommation) a été déterminé sur la base de l'analyse sensorielle et de l'évolution des flores indicatrices du processus d'altération.

Prélèvements

Les prélèvements sont constitués de carcasses entières de poulet de chair récoltées à partir de deux abattoirs avicoles. Le poids des carcasses varie entre 1,1 et 1,6 kg. Nous avons travaillé sur trois lots; chaque lot est constitué de dix carcasses abattues et préparées dans les mêmes conditions. Chaque carcasse prélevée est conditionnée sous film étirable. Chaque jour, un poulet de même lot est mis dans une glacière isotherme, avec des plaques eutectiques, transporté au laboratoire, puis soumis immédiatement aux analyses.

Plan d'échantillonnage

Essai 1: Les poulets après ressuyage ont été entreposés en chambre froide (à l'abattoir) à 3°C pendant sept jours. Puis les échantillons ont été amenés au laboratoire et conservés dans un réfrigérateur de type ménager à une température mesurée voisine de 6°C.

Essai 2: Les poulets ont été entreposés à une température maîtrisée de 3°C (abattoir) pendant 5 jours, puis amenés au laboratoire et entreposés à 7°C.

Essai 3: Pour cet essai, le poulet a été entreposé dans une chambre froide à 3°C pendant toute la durée d'expérimentation (9 jours).

Évaluation sensorielle

Elle s'est basée sur les critères suivants:

L'odeur: elle est évaluée juste après ouverture de la cavité abdominale. Un score de 1 à 5 est attribué sur la base de l'échelle suivante (Russel, 1997): Score 1: odeur du poulet frais; Score 2: odeur perceptible; Score 3: odeur douteuse; Score 4: odeur inacceptable; Score 5: très mauvaise odeur.

L'apparence: elle est évaluée en faisant intervenir la vue et le toucher, afin d'apprécier tout changement externe tels que la couleur, l'humidité et la présence de limon. Cette évaluation a été effectuée chaque jour de prélèvement par un panel de trois membres.

Analyses bactériologiques

Elles ont porté sur l'évaluation de la charge totale en flores mésophile et en psychrotrophe, le dénombrement des coliformes et des entérocoques. Elles ont été réalisées selon les recommandations de l'American Public Health Association (Vanderzant and Splittstoesser, 1992).

Préparation des échantillons et des dilutions

Toutes les précautions nécessaires ont été prises pour éviter la contamination de l'échantillon. Avant les manipulations, les carcasses sont systématiquement pesées et leur température à cœur mesurée par un thermomètre à sonde étalonné (Marque EBRO, Allemagne), et ce de manière aseptique. La carcasse est ensuite coupée en deux à l'aide de ciseaux stériles. L'échantillon est mis dans un sac stérile, puis 40 ml d'une solution stérile d'eau peptonée à 0,1% y sont ajoutés. Le sac est fermé manuellement puis fortement agité. Ensuite, le rinçat est récupéré constituant la solution mère (SM). Cette SM sera utilisée ultérieurement pour la préparation des dilutions décimales de 10^{-1} à 10^{-6} . Nous avons utilisé la technique de rinçage, car elle est fiable quant à l'appréciation de la contamination superficielle.

Dénombrements bactériens

Les analyses ont porté sur:

- La détermination du niveau de la contamination globale par le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT); le choix de cette microflore est justifié par le fait qu'elle rend compte du respect de l'hygiène (maîtrise des BPH).
- L'appréciation de l'aptitude à l'altération par l'énumération de la flore psychrotrophe. Le choix est justifié par le fait que ce groupe est constitué de germes responsables d'altération, de modifications d'aspect, de texture, d'odeur et de la durée de conservation. Les psychrotrophes donnent une idée fiable sur le devenir d'une denrée entreposée sous froid.
- L'appréciation de la contamination fécale par le dénombrement des coliformes fécaux et des entérocoques. Le choix de ces deux groupes est justifié par le fait que ce sont de très bons indicateurs d'hygiène du process. Des charges élevées en ces microflores peuvent témoigner d'une éventuelle présence de bactéries pathogènes.

Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT)

Le dénombrement a été effectué par la méthode d'ensemencement en profondeur en double couche utilisant une gélose pour numération (PCA, Plate Count Agar) comme milieu d'inoculation. Cette technique se base sur le principe qu'une bactérie va donner lieu à une colonie. L'ensemencement est effectué à raison de 1 ml par dilution et par boîte de Pétri. Après incubation à 30°C pendant 3 jours, les colonies sont dénombrées par un compteur de colonies à contact.

Tableau 1: Plan d'échantillonnage en fonction des essais

	J ₀ *	J ₁ **	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅ ***	J ₆	J ₇	J ₈	J ₉
Essai 1		P1 T=3°C		P2 T=3°C		P3 T=3°C	P4 T=6°C		P5 T=6°C	P6 T=6°C
Essai 2	P1 T=20°C	P2 T=3°C			P3 T=3°C	P4 T=7°C	P5 T=7°C	P6 T=7°C		
Essai 3		P1 T=3°C		P2 T=3°C	P3 T=3°C	P4 T=3°C		P5 T=3°C	P6 T=3°C	P7 T=3°C

*J= jour après abattage ; J₀=poulet avant ressuyage, **J₁= 24 h après ressuyage, ***J₅= date limite de validité réglementaire

Px ; P=Prélèvement, x= numéro du prélèvement

T= température d'entreposage du poulet

Dénombrement de flore psychrotrophe (FP)

Le dénombrement de la FP est réalisé sur la gélose PCA, l'ensemencement et la lecture se font de la même manière que pour la FMAT avec une incubation à 7°C pendant 5 jours.

Contamination d'origine fécale

L'appréciation de la contamination fécale a été réalisée par le dénombrement des coliformes fécaux et des entérocoques.

Dénombrement des coliformes fécaux (CF)

Le dénombrement des CFa été effectué par la technique du nombre le plus probable (NPP) sur le milieu liquide BLBVB (Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant), incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures. La lecture a été faite en utilisant la table de dénombrement préconisée par Peeler *et al.* (2005).

Dénombrement des entérocoques

Le dénombrement est effectué par ensemencement en profondeur en utilisant comme milieu de culture la gélose de Slanetz et Bartley. La lecture est réalisée après incubation à 37°C pendant 48 heures. La croissance bactérienne se manifeste par l'apparition de colonies de couleur rouge à marron.

RÉSULTATS

Évaluation sensorielle

Cette évaluation a pour but de suivre l'évolution sensorielle du poulet entreposé à l'état réfrigéré afin de déterminer le moment de survenue des premiers signes de l'altération ainsi que le temps de rejet. Nous nous sommes basés sur l'odeur comme critère principal, et en second rang sur l'apparence. Le temps de rejet correspond au moment à partir duquel l'odeur devient contestable (incertaine à douteuse), témoignant ainsi de l'imminence des manifestations de l'altération (Score 3). Les résultats de l'évaluation sensorielle des trois essais sont présentés dans le tableau 2.

Essai 1: Au début et tant que le poulet a été entreposé à une température ≤3°C, l'odeur et l'apparence sont restés normales (poulet frais). Mais juste après 24 h, sous une température de 6,3°C, des changements progressifs apparaissent. Ainsi, l'odeur devient de plus en plus forte, ce qui est un signe d'altération. Quand l'odeur devient inacceptable, de nombreuses petites colonies humides apparaissent, augmentent de taille et confluent pour former un film blanchâtre, luisant et collant; c'est le limon. Dès qu'il y a une rupture de la chaîne de froid, il y a appari-

Tableau 2: Résultats de l'évaluation sensorielle

Essais	J. Ech. ⁽¹⁾	Jour après abattage	Température d'entreposage (°C)	Critères descriptifs		Observations
				Odeur ⁽²⁾	Apparence ⁽³⁾	
1	J ₁	1	3	1	Normale	-
	J ₃	3	3	1	Normale	-
	J ₅ ⁽⁴⁾	5	3	1	Normale	- DLV réglementaire
	J ₆	6	3	1	Normale	-Odeur discrète, -Aspect normal, -Pas de changement remarquable
	J ₈	8	6,3	4	Légèrement humide	-Odeur inacceptable -Début de dépôt de limon
	J ₉	9	6,3	5	Peau humide, luisante	-Odeur de relent à l'intérieur de la cavité abdominale, -Limon au niveau des cuisses et des ailes, -Peau visqueuse.
2	J ₀	0	20-30	1	Normale	Odeur de poulet frais et peau humide
	J ₁	2	3	1	Normale	Odeur de poulet frais et peau humide
	J ₄	5	3	1	Normale	Odeur du poulet frais et peau humide
	J ₅	6	7,1	2	Normale	Peau humide légèrement luisante, odeur perceptible à l'intérieur de la cavité abdominale
	J ₆	7	7,1	3	Taches blanches	Odeur de relent perceptible mais non désagréable, texture de la peau légèrement collante
	J ₇	8	7,5	5	Taches blanches	Odeur nette de relent, peau collante ; poulet altéré
3	J ₁	2	3	1	Normale	
	J ₃	4	3	1	Normale	
	J ₄	5	3	1	Normale	
	J ₆	7	3	1,2	Normale	- Odeur très discrète, - Aspect normal, - Pas de changement remarquable
	J ₇	8	3	2,5	Légèrement humide	- Odeur de levure forte à l'intérieur de la cavité abdominale, - Peau non collante.
	J ₈	9	3	4,5	Peau humide, luisante	- Odeur de relent, - Limon, - Peau visqueuse et collante.

⁽¹⁾Jour d'échantillonnage, ⁽²⁾Odeur est appréciée par un panel de trois membres. Les scores d'évaluation sont comme suit: 1=Poulet frais, 2=Odeur perceptible, 3=Contestable (incertaine, douteuse), 4=Inacceptable, 5= Très mauvaise odeur; ⁽³⁾Apparence normale: poulet frais avec peau sèche, non visqueuse, ⁽⁴⁾Fin de la DLV réglementaire.

tion de mauvaises odeurs. Donc, d'après cet essai et en se basant sur l'odeur, le temps de rejet correspond à J_8 (8 jours incluant le jour d'abattage). Il est probable que cette durée aurait été plus longue si le poulet avait été entreposé à une température $\leq 3^\circ\text{C}$ pendant toute la durée. Nonobstant, il est prématuré de se prononcer sur une quelconque DLV avant les résultats des analyses microbiologiques.

Essai 2: Comme pour le premier essai, tant que le poulet reste entreposé à température $\leq 3^\circ\text{C}$, l'odeur et l'apparence restent normales. Une fois le poulet entreposé sous une température plus élevée (7°C), des changements d'odeur et d'apparence sont constatés, attestant de l'accélération des cinétiques des réactions d'altération. L'évolution dans cet essai s'est avérée plus rapide que pour le premier essai. Ainsi, on passe au bout de 24 h d'une odeur contestable à J_6 à une très mauvaise odeur à J_7 , confirmant l'effet de la température même avec un écart de 1°C . En se basant sur l'évaluation sensorielle, le temps de rejet se situe au J_6 (7^{ème} jour incluant le jour d'abattage). En tenant compte des résultats des essais 1 et 2, on constate que le temps de rejet sensoriel dépend, comme c'était prévisible, fortement des conditions d'entreposage (couple temps/température).

Essai 3: Du premier au cinquième jour, l'odeur et l'apparence restaient normales (poulet frais). A partir du sixième jour (7 jours incluant le jour d'abattage), on constate un léger changement dans l'odeur. Mais, juste après 24 h, J_7 , on constate des odeurs de relent mais sans limon qui n'apparaît qu'au J_8 (odeur nette de relent, peau collante et

visqueuse attestant le dépôt du limon). En se basant sur l'évaluation sensorielle, le temps de rejet se situe au J_7 . Il apparaît à travers cet essai que même sous une température maîtrisée, l'altération est aussi précoce que pour les deux premiers essais. Pour cet essai, le temps de rejet correspond au 8^{ème} jour d'entreposage qui correspond à 9 jours incluant le jour d'abattage.

Synthèse de l'évaluation sensorielle

Le tableau 3 compile les conditions de conduite des différents essais, le temps de rejet et les DLV pouvant être retenues en fonction des différents essais. On peut mettre en exergue trois constats majeurs:

- L'altération est un phénomène normal ; il aura lieu inexorablement; le froid permet de retarder son apparition;
- Dès qu'il y a rupture de la chaîne du froid, il y a accélération de l'altération comme en atteste l'évolution de l'odeur, linéaire au début et exponentielle par la suite;
- Le temps de rejet est situé à 6-8 jours après abattage.

Abstraction faite des conditions d'entreposage, le temps de rejet est de 6 à 7 jours. La DLV est déterminée en attribuant un coefficient de sécurité au temps de rejet et qui est de 1 jour. En comparaison avec la réglementation nationale qui fixe la DLV à 6 jours à 3°C , il semble, sur la base des analyses sensorielles, que l'on peut prolonger la DLV de 1 jour. Néanmoins, il est judicieux de préciser que ces données doivent être prises avec prudence et corrélées avec les résultats des analyses microbiologiques.

Tableau 3: Conditions de conduite des différents essais, temps de rejet et DLV estimée

Essais	Conditions	Temps de rejet pour le critère «odeur» en jours (incluant le jour d'abattage)	DLV (= Temps de rejet – 1 jour)
1	7 jours/ 3°C puis 3 jours/ 6°C	8	7
2	5 jours/ 3°C puis 3 jours/ 6°C	7	6
3	9 jours/ 3°C	8	7

Tableau 4: Évolution des différentes microflores au cours de l'entreposage du poulet sous froid

Essai	Prélèvement (jours après abattage)	Température d'entreposage ($^\circ\text{C}$)	Microflores*			
			FMAT (UFC/ml de rincât)	FP (UFC/ml de rincât)	CF (NPP/ml de rincât)	EN (UFC/ml de rincât)
1	1	3°C	$3,4.10^6$	$1,5.10^6$	$1,1.10^5$	-
	3	3°C	$4,5.10^6$	$2,8.10^6$	$1,2.10^5$	-
	5	3°C	$8,6.10^6$	$3,2.10^6$	$1,4.10^5$	-
	6	3°C	$1,0.10^7$	$3,9.10^6$	$1,1.10^4$	-
	8	$6,3^\circ\text{C}$	$2,6.10^7$	$4,4.10^7$	$1,1.10^4$	-
	9	$6,3^\circ\text{C}$	$3,6.10^7$	10^8	$1,1.10^3$	-
2	0	20°C	$1,2.10^6$	$1,1.10^5$	$1,4.10^4$	$7,0.10^3$
	1	3°C	$2,6.10^6$	$4,2.10^5$	0	$2,7.10^3$
	4	3°C	$4,9.10^6$	$3,2.10^5$	0	$6,7.10^3$
	5	$7,3^\circ\text{C}$	$6,3.10^7$	$1,7.10^7$	4,5	$1,8.10^4$
	6	$7,3^\circ\text{C}$	$5,6.10^7$	$9,5.10^7$	$4,5.10^4$	$1,1.10^5$
	7	$7,3^\circ\text{C}$	$2,0.10^8$	4.10^8	$1,4.10^4$	$2,2.10^5$
3	1	3°C	$1,2.10^6$	$1,2.10^3$	$4,5.10^4$	$3,4.10^3$
	3	3°C	$6,4.10^6$	$6,2.10^5$	$1,1.10^2$	$6,4.10^3$
	5	3°C	$1,1.10^7$	$9,9.10^5$	$1,1.10^3$	$1,1.10^4$
	7	3°C	$2,7.10^7$	$3,2.10^7$	$1,4.10^3$	$1,9.10^4$
	8	3°C	$8,4.10^7$	$2,5.10^8$	$1,1.10^4$	$1,6.10^4$
	9	3°C	$4,0.10^8$	$3,6.10^8$	$1,4.10^3$	$1,4.10^4$

* UFC: Unité formant colonies - NPP: Nombre le plus probable

Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques sont présentés dans le tableau 5.

Flore mésophile aérobie totale et flore psychrotrophe

Les charges moyennes initiales en FMAT et FP sont élevées (respectivement $2,4 \cdot 10^6$ et $6,8 \cdot 10^5$ UFC/ml). Le plus haut niveau de contamination a été enregistré pour l'essai 1, avec une charge initiale de $3,4 \cdot 10^6$ UFC/ml pour la FMAT et de $1,5 \cdot 10^6$ UFC/ml pour la FP. On note pour les trois essais, une croissance microbienne régulière qui s'accélère du sixième au septième jour, et ce indépendamment des variations de température. Ceci est bien évident au niveau de l'essai 3: même avec une température d'entreposage stable de 3°C , on constate une surcroissance bactérienne, avec une dominance nette de la FP dont les cinétiques de croissance dépassent celles de la FMAT.

L'utilisation de l'application Curve Expert a permis de conclure que l'évolution de la FMAT en fonction de la durée d'entreposage, répond à une allure exponentielle avec un coefficient de détermination de 0,99. Grâce à ce modèle, il est possible de connaître avec précision le temps de rejet qui correspond à une charge microbienne de 10^7 UFC/g.

Une charge élevée en FMAT s'accompagne inévitablement d'un début d'altération de l'aliment. Il existe une corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et des *Pseudomonas*, les deux microflore sont considérées comme bons indicateurs de l'altération de la viande de volaille (Dominguez et Schaffner; 2007).

Contamination d'origine fécale

Pour les coliformes fécaux, la charge moyenne de la contamination fécale calculée à J1 est de l'ordre de $5,6 \cdot 10^4$ NPP/ml. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau de l'essai 1. L'évolution des coliformes fécaux diffère d'un essai à l'autre, surtout entre l'essai 1 et les essais 2 et 3. On observe généralement, et abstraction faite de l'évolution initiale, que la croissance atteint son maximum au bout du J_5 , J_6 , et J_7 respectivement pour l'essai 1, 2 et 3 au moment où la FP dépasse la FMAT; cette dernière prend le dessus sur les mésophiles qui sont inhibés par les températures de réfrigération. On peut également mettre en relief la compétition bactérienne.

Pour les entérocoques, la charge microbienne moyenne au départ est de $3 \cdot 10^3$ UFC/ml. L'évolution diffère d'un essai à l'autre. Au niveau de l'essai 2, on note une croissance progressive du début jusqu'à la fin, où elle atteint un maximum de $2,2 \cdot 10^5$ UFC/ml, alors qu'au niveau de l'essai 3 on observe une régression à partir de J_7 .

Détermination de la durabilité en fonction des résultats de l'étude

Dans la réglementation nationale la DLV est fixée à 6 jours incluant le jour d'abattage à une température inférieure ou égale à 3°C . Afin de déterminer la DLV, nous nous sommes basés sur l'odeur, les charges en FMAT et en FP.

Odeur: Le temps de rejet sensoriel, dans notre étude correspondant à un score de 3 (odeur jugée contestable).

FMAT: Le centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale, recommande comme limites microbiologiques pour la validation des DLV pour les pièces de découpe de viandes et de volailles crues, les abats crus et les pièces intactes, une charge en FMAT de 10^6 UFC/ml avec un seuil d'acceptabilité de l'ordre de 10^7 UFC/ml, avec $n=5$ et $c=3$ (MAPAQ, 2019).

FP: En France, la fédération des industries avicoles (FIA) recommande, pour les pièces entières, découpes avec peau, découpes sans peau, abats, préparations de viandes, produits à base de viande crus et viandes hachées, une charge en *Pseudomonas* de 10^7 avec un seuil d'acceptabilité 10^8 UFC/ml (FIA, 2007). Sachant qu'une grande proportion de la FP est constituée par des *Pseudomonas*. Nous avons décidé de retenir les limites fixées par la FIA dans l'interprétation de nos résultats.

Les temps de rejet et la DLV en fonction de l'évaluation sensorielle, la FMAT, et la FP pour les trois essais sont présentés par le tableau 4.

Abstraction faite des conditions d'entreposage, le temps de rejet est de 5 à 7 jours. En comparaison avec la réglementation nationale qui fixe la DLV à 6 jours, il apparaît à la lumière de nos résultats qu'il n'est pas possible de prolonger la DLV au-delà de la durée réglementaire.

DISCUSSION

Pour la détermination de la durée de vie microbiologique des produits alimentaires périssables réfrigérés, il existe au moins 3 paramètres devant être évalués à différents scénarios de température (Labuza *et al.*, 2003): l'innocuité, les manifestations de l'altération (mauvaises odeurs, décolorations, poissage, colonies microbiennes visibles) et les changements sensoriels de manière globale.

Dans cette étude, nous nous sommes basés sur l'évaluation sensorielle et les signes de poissage. L'évaluation de l'innocuité peut être envisagée dans le cadre d'études futures, et le choix des bactéries pathogènes retenues pour garantir la sécurité sanitaire des aliments doit être justifié sur la base d'une analyse des dangers réalisée après la mise en place des bonnes pratiques d'hygiène.

Tableau 5: Temps de rejet et DLV en fonction de l'évaluation sensorielle, des charges en flore totale et psychrotrophe

Essais	Temps de rejet sensoriel « odeur contestable » (jours, incluant le jour d'abattage)	Temps de rejet microbiologique (jours, incluant le jour d'abattage)		DLV*
		FMAT	FP	
1	8	7	10	7
2	7	6	7	6
3	8	5	8	5

* La DLV est déterminée en prenant en compte les valeurs minimales par mesure de sécurité.

Échantillonnage

Dans notre étude, nous avons travaillé sur des lots de 10 carcasses de poulet. Nous avons considéré qu'il s'agissait d'un lot homogène, mais, il se peut que les poulets proviennent de bandes différentes. En outre, pour chaque analyse, nous n'avons utilisé qu'une seule carcasse. En principe, dans ce type de travaux, il faut procéder à l'analyse de 5 unités d'échantillonnage par jour de prélèvement, c'est-à-dire 5 carcasses. Une telle approche peut se faire en interne, mais non dans le cadre et les conditions de réalisation de ce travail.

Technique de rinçage

Cette technique, utilisée pour la préparation des solutions mères permet d'avoir une idée globale sur le niveau de contamination. Nous n'avons pas eu recours à la technique de broyage car l'objectif était la détermination de la durée de vie et non d'évaluer le produit sur le plan sanitaire. Russell (1997) a utilisé la même technique avec pour objectif une prédiction rapide de la durabilité de carcasses de poulet sous des conditions commerciales. Cette technique est également utilisée dans le cas de l'évaluation de la qualité microbiologique des récipients ou des tuyauteries. Ce type d'analyse est aussi nécessaire pour évaluer l'efficacité des procédures de nettoyage/désinfection.

Évolution sensorielle

A ce jour, l'analyse sensorielle et les analyses microbiologiques sont les plus utilisées pour statuer sur l'altération des viandes et des produits carnés. L'analyse sensorielle, bien que souvent qualifiée de subjective, permet dans le cadre de l'objectif de cette étude, de rendre compte fidèlement et précocement des premières manifestations de l'altération (le relent). Le relent précède de quelques heures (carcasses à température > 10°C) à quelques jours (carcasses à température < 4°C) le poissage ou le limonage, stade auquel les carcasses deviennent impropres à la consommation.

Dans l'étude réalisée par Russel (1997), l'odeur de relent devient perceptible après 6 à 8 jours d'entreposage sous une température de 4°C. Dans notre cas, et sur la base des résultats de l'essai 3 (poulet entreposé à 3°C pendant neuf jours), l'odeur était perceptible au bout du 8^{ème} jour. Dans les 2 premiers essais, nous avons prévu une phase d'entreposage dans les plages de température communément retrouvées dans les réfrigérateurs ménagers.

Microbiologie

Microflores recherchées

La plupart des travaux scientifiques ont montré qu'il est plus judicieux de quantifier la charge des bactéries spécifiques d'altération (Nychas *et al.*, 2007). Les analyses microbiologiques sont, toutefois, longues et coûteuses. Des efforts ont été consentis en vue de trouver une alternative aux analyses microbiologiques et sensorielles en se basant sur les modifications biochimiques survenant dans le muscle (produits du métabolisme microbien, appelés indices d'altération chimique ou CSI), qui pourraient être utilisées pour évaluer l'altération de la viande (Nychas *et al.*, 2007).

Dans cette étude, nous avons dénombré la flore totale et la flore psychrotrophe en tant qu'indicateurs d'altération. Les coliformes et les entérocoques comme indicateurs d'hygiène qui apportent une information sur la maîtrise des BPH, des températures de conservation, ainsi que sur

la pertinence de la durée de vie.

Il est crucial, dans le cadre d'études ultérieures, de procéder au dénombrement et à la spéciation des *Pseudomonas* en particulier *P. fluorescens*, *P. putida* et *P. lundensis* et d'autres espèces comme *Acinetobacter*, *Moraxella*, et *Alteromonas*, lesquelles ont été rapportées dans d'autres études comme étant spécifiquement responsables de l'altération.

Flore mésophile aérobie totale

La charge moyenne de la FMAT à un jour d'abattage est de l'ordre de $2,4 \cdot 10^6$ UFC/ml. Elle est largement supérieure aux valeurs rapportées par Oumokhtar (2000) et Cohen *et al.* (2007) qui sont respectivement de l'ordre $3,9 \cdot 10^5$ et $2,8 \cdot 10^4$ UFC/g. Dans ces études, les prélèvements ont porté sur des lambeaux de peau de carcasses. Cette méthode destructive est plus précise car elle permet de prélever le maximum de germes existants sur la surface de la peau des carcasses de volailles (Reinheimer *et al.*, 1988).

En utilisant la méthode d'écouvillonnage, Wo *et al.* (1992), ont rapporté une moyenne de $2,4 \cdot 10^3$ UFC/cm², tandis que Reinheimer *et al.* (1988) ont trouvé une charge en flore totale de l'ordre de $1,2 \cdot 10^5$ UFC/cm². Dans un travail portant sur l'évaluation de la qualité bactériologique du poulet préparé dans trois tueries à Meknès, Maroc, Chaïba et Rhazi-Filali (2011) ont rapporté une moyenne de contamination de l'ordre de $3,3 \cdot 10^6$ UFC/g, qui est supérieure à nos valeurs. Cette contamination peut être expliquée par plusieurs facteurs dont l'eau du bac d'échaudage (contaminée par les germes présents sur les plumes et par les matières fécales des volailles), et d'une contamination croisée plus importante par les plumeuses non nettoyées-désinfectées au niveau des tueries traditionnelles.

Des charges élevées en bactéries d'altération sont synonymes d'une altération rapide. Il existe une corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et des *Pseudomonas*, les deux microflores étant considérées comme de bons indicateurs de l'altération des viandes de volailles (Dominguez et Schaffner, 2007). Dans une étude conduite à Ryad (Arabie Saoudite) par Al-Mohizea *et al.* (1994), les DLV suivantes ont été retenues: 9, 6 et 4 jours, à des températures d'entreposage respectives de 4, 7 et de 10°C, avec une charge moyenne de $4,6 \cdot 10^4$ UFC/cm². Cette charge est considérablement plus faible par rapport à celles trouvées dans ce travail.

Une charge élevée en FMAT s'accompagne inévitablement d'un début d'altération de l'aliment. Il existe une corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et des *Pseudomonas*, les deux microflores étant considérées comme indicateurs pertinents de l'altération de la viande de volaille (Dominguez et Schaffner ; 2007).

Flore psychrotrophe

La charge moyenne de la FP à un jour d'abattage est de l'ordre de $6,8 \cdot 10^5$ UFC/ml. Elle est largement supérieure aux valeurs rapportées par Reinheimer *et al.* (1988), Mikou (1994) et Al-Mohizea *et al.* (1994) qui sont respectivement de l'ordre de $3,7 \cdot 10^3$; $3,1 \cdot 10^4$ et $1,3 \cdot 10^4$ UFC/cm². Selon Russell (2009), une charge élevée de 10^5 UFC/cm² de bactéries psychrotrophes responsables d'altération, est nécessaire avant que tout changement sensoriel et des défauts d'aspect ne soient détectables. Des charges plus élevées de bactéries ($3,2 \cdot 10^7$ à 10^9 UFC/cm²) sont nécessaires pour la manifestation du poissage.

Les niveaux initiaux de flore psychrotrophe rapportés par Russel (2009) sont de l'ordre de 10^2 UFC/cm². Ces niveaux se maintiennent jusqu'au 5^{ème} jour avant d'augmenter rapidement et culminer à 10^7 UFC/cm² après 10 jours d'entreposage à 4°C.

On remarque, d'une part, un démarrage avec une charge microbienne élevée ($6,8 \cdot 10^5$ UFC/ml), et d'autre part, au septième jour on est déjà à $3,2 \cdot 10^7$ UFC/ml. On conclue, par mesure de sécurité, qu'on ne peut pas aller au-delà de la DLV réglementaire.

Flore de contamination fécale

La contamination moyenne des carcasses de poulet par les coliformes fécaux à un jour d'abattage ($5,6 \cdot 10^4$ NPP/ml) est largement supérieure aux valeurs rapportées par Oumokhtar *et al.* (2000) et Al-Mohizea *et al.* (1994) avec des charges respectives de $1,2 \cdot 10^2$ et $1,6 \cdot 10^2$ UFC/cm². Comme il a été précédemment dit, les modes de prélèvement (rincages de carcasses) expliquent largement les niveaux plus élevés en contamination d'origine fécale trouvés dans notre travail. La détection de ces bactéries peut aussi être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes (Zmirou *et al.*, 1987).

Durée de validité

Les charges initiales en flore mésophile aérobie totale et en psychrotrophes sont négativement corrélées avec la durée de validité. Ainsi avec des charges microbiennes de l'ordre de $4,6 \cdot 10^4$ UFC/cm² et de $1,3 \cdot 10^4$ UFC/cm² respectivement pour la FMAT et la FP, Al-Mohizea *et al.* (1994) sont arrivés à une DLV de 9 jours sous une température de 4°C. Par contre, dans notre étude avec des charges plus élevée de $2,4 \cdot 10^6$ UFC/ml pour la FMAT et de $6,8 \cdot 10^5$ UFC/ml pour la FP, il est difficile d'envisager une DLV plus longue que la DLV réglementaire.

CONCLUSION

Les facteurs qui influencent la durabilité et la stabilité de la viande de volaille sont nombreux, complexes et interconnectés. La manière de produire cette viande affectera *in fine* la durabilité et la stabilité.

Nos résultats montrent que les niveaux de contamination initiale, relativement élevés, par les bactéries responsables de l'altération ne sont pas compatibles avec une durabilité plus étalée (DLV plus longue) du poulet frais tel que préparé dans les abattoirs. En effet, il a été bien établi dans d'autres travaux que de tels niveaux de contamination initiale sont synonymes d'une altération plus rapide.

La flore d'altération des carcasses de poulet de chair est apportée par les pattes, les plumes, l'eau utilisée dans le processus d'abattage/préparation et l'équipement. De même, les contaminations croisées entre lots de volailles abattus le même jour, et les contaminations croisées volailles-équipement sont autant de facteurs expliquant une contamination plus élevée par les bactéries d'altération. La FMAT et les *Pseudomonas* sont de bons indicateurs de l'altération (Dominguez et Schaffner, 2007).

Certaines études ont montré qu'un allongement de la durée de vie était possible en réduisant les contaminations croisées, notamment au cours de la plumaison, et par le recours à des techniques de maîtrise des contaminations au cours des étapes de préparation (Hinton *et al.*, 2004).

Une meilleure durabilité des carcasses serait aussi possible en étudiant l'effet de techniques de ressuyage plus rapides en 2 temps: chambres de ressuyage à air ventilé à température proche de 1°C (température à cœur des poulets ramenée à 8°C en 45 min), puis égalisation en chambre classique en 1h30 à 3 h. Il en est de même du facteur humidité relative: elle doit être élevée dans la première phase de ressuyage (prévenir les pertes excessives en eau par évaporation), mais diminuée rapidement pour faire baisser les valeurs de l'activité de l'eau en surface des carcasses; cette baisse amène elle-même un ralentissement considérable de la multiplication des *Pseudomonas* en surface.

Nous recommandons aussi dans le cadre d'études ultérieures, de procéder à une cartographie des sites critiques de contamination au niveau des chaînes d'abattage et de vérifier l'efficacité des méthodes actuelles de nettoyage-désinfection. Une attention particulière doit être accordée aux risques de contaminations au cours de l'éviscération et du conditionnement final du poulet après ressuyage.

Enfin, il y a lieu de rappeler que ce travail a permis de valider sur le plan scientifique la DLV réglementaire actuelle du poulet de chair frais, qui a été fixée sur la base d'une réglementation européenne.

RÉFÉRENCES

- Al-Mohizea I. S., Mashhadi A. S., Fawwal A. and Al-Shalhat A. (1994). Microbiological and shelf life assessment of chilled eviscerated whole chicken broilers in Saudi Arabia. *British Poultry Science*, 35: 519-526.
- Arrêté conjoint du ministre de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts et ministre de la santé n° 2473-17 du 28 chaâbane 1439 (15 mai 2018) modifiant et complétant l'arrêté conjoint du ministre de l'agriculture, du développement rural et des eaux et forêts, du ministre des pêches maritimes et du ministre de la santé n°440-01 du 2 hijja 1421 (26 février 2001) relatif à la durée de validité et aux conditions de conservation de certains produits (Bulletin Officiel n° 6690 du 12/07/2018, Page 1425).
- Chaiba A. et Rhazi-Filali F. (2011). Impact des opérations d'abattage dans les tueries traditionnelles sur la qualité bactériologique de la viande de volaille à Meknès (Maroc). *Tropicicultura*, 29:161-167.
- Cohen N., Ennaji H., Bouchrif B., Hassar M. and Karib H. (2007). Comparative study of microbiological quality of raw poultry meat at various seasons and for different slaughtering processes in Casablanca (Morocco). *Journal of Applied Poultry Research*, 16: 502-508.
- Dominguez S.A. and Schaffner D.W. (2007). Development and validation of a mathematical model to describe the growth of *Pseudomonas* spp. in raw poultry stored under aerobic conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 120: 287-295.
- FIA. (2007). Protocole de validation des durées de vie. Filière avicole et cunicole. 10 pp. <http://docplayer.fr/9297805-Protocole-de-validation-des.html>
- Hinton A.Jr., Cason J.A. and Ingram K.D. (2004). Tracking spoilage bacteria in commercial poultry processing and refrigerated storage of poultry carcasses. *International Journal of Food Microbiology*, 91:155-65.
- Labuza T., Belina D. and Diez F. (2003). Food safety management in the cold chain through "expiration dating". www.ccm.ytally.com/fileadmin/user_upload/downloads/Labuza_Paper.pdf.
- MAPAQ (2019). Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Sixième édition. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. ISBN 978-2-550-84613-0. 58 pp. www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/recueil.pdf

- Mikou Y. (1994). Contribution à l'appréciation de l'hygiène par analyse bactériologique des carcasses de volaille au niveau de trois tueries dans la Wilaya de Rabat-Salé. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Nychas G.J.E., Marshall D. and Sofos J. (2007). Meat, poultry and seafood. In M.P. Doyle, L.R. Beuchat and T.J. Montville, Food Microbiology Fundamentals and Frontiers, (Chapter 6). ASM Press.
- Oumokhtar B. (2000). Qualité bactériologique de viandes, d'abats, de préparations carnées et d'huîtres commercialisées à Rabat. Thèse de Doctorat National, Université Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, El Jadida, Maroc.
- Peeler I.T.; Houghtby G.A. and Rainosek A.P. (2005). The most probable number technique pp. 105-119. In Vanderzant, C. and Splittstoesser (Eds.). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Third Edition. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- Reinheimer J.A., Demkow M.R., Candiotti M.C., Viale L.R. and Tessi M.A. (1988). Psychrotrophic microflora of eviscerated chicken carcasses. *Microbiologie Aliments Nutrition*, 6: 233-238.
- Russell S.M. (1997). Rapid prediction of the potential of shelf-life fresh broiler chicken carcasses under commercial conditions. *Journal of Applied Poultry Research*, 6: 163-168.
- Russell S.M. (2009). Understanding poultry products spoilage. <https://www.wattagnet.com/articles/4207-understanding-poultry-products-spoilage>
- Vanderzant, F. and Splittstoesser C. (1992). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. Third Edition. American Public Health Association, Washington DC, USA.
- WO J., WO W.Jr., and Prucha J.C., Johnston R., Christensen W. (1992). Profile of selected bacterial counts and *Salmonella* prevalence on raw poultry in a poultry slaughter establishment. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 200: 57-59.
- Zmirou D., Ferley J.P., Collin J.F., Charrel M. and Berlin J. (1987). A follow up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*, 77: 582-584.