

Le flambage est un poste important de la chaîne d'abattage en terme de diminution de la contamination de surface des carcasses, même si ce n'est pas sa fonction première. Selon les études, la population bactérienne de surface diminue de 1 à 3 Log à ce niveau (Snijders, 1988 ; Gill et Bryant, 1992 ; Rahkio et al., 1992 ; Troeger, 1993 ; Bolton et al., 2002, Pearce et al. 2004). L'efficacité du flambage sur la réduction de la contamination bactérienne est liée à la température, qui varie de 800 à 1 000 °C selon le système (ouvert ou fermé), mais également à la durée (10 à 20 s), la température pouvant atteindre les 100 °C à la surface des carcasses (Borch et al., 1996).

Cet effet favorable du flambage est en partie annulé par les flagelleuses (ou polisseuses) situées juste après (Gill et Bryant, 1992 ; Rahkio et al., 1992, Bolton et al., 2002 ; Pearce et al., 2004). L'explication réside notamment dans la difficulté de nettoyer et désinfecter ces machines dont l'accessibilité et l'aptitude au nettoyage sont limitées, et qui peuvent rester durablement contaminées (Borch et al., 1996).

Certaines entreprises ont en conséquence ajouté un flambage supplémentaire après le polissage, juste avant l'entrée de la file d'habillage (figure 1). Ce double flambage est même devenu une caractéristique certifiée dans le cadre de cahier des charges de certification de conformité de produit. Aussi, il apparaissait important de connaître l'efficacité de ce procédé par rapport au simple flambage sur la contamination de surface des carcasses de porc.

Les objectifs de cette étude sont :

- de déterminer l'efficacité du double flambage sur la qualité bactériologique des carcasses à l'entrée de la file d'habillage ;
- de déterminer l'influence de la cadence de la chaîne sur l'efficacité du double flambage ;
- de déterminer l'influence du nombre de pores passés sur la chaîne au cours de la journée d'abattage sur l'efficacité du double flambage.

Décontamination des carcasses de porc

Double flambage : intérêt et efficacité du procédé

Dans la chaîne d'abattage, le flambage joue un rôle de décontamination important. Mais son effet favorable est en partie annulé par les flagelleuses. Certaines entreprises ont donc ajouté un flambage supplémentaire. L'intérêt mais aussi les limites de ce traitement spécifique sont étudiés.

MINVIELLE B., LE ROUX A., DE MONTZEY S.

INSTITUT TECHNIQUE DU PORC
Pôle Qualité du produit
La Motte au Vicomte BP 3
35651 LE RHEU Cedex

DES ABATTOIRS AUX CARACTÉRISTIQUES DIFFÉRENTES

Les prélèvements ont été réalisés dans trois abattoirs ayant des cadences d'abattage différentes (Tableau 1), mais également des process différents (durée et température d'échaudage, d'épilage...).

Pour chaque abattoir, les prélèvements ont été réalisés au cours de deux journées d'abattage : un premier jour au cours de laquelle le deuxième four était éteint correspondant ainsi au simple flambage classiquement réalisé par la majorité des abattoirs et une journée avec les deux fours en fonctionnement correspondant au double flambage.

Pour chaque type de flambage et abattoir, 40 carcasses, réparties sur la journée de tuerie, ont été prélevées au

niveau de la gorge, à côté de la plaie de saignée à deux stades (figure 1) :
- sur la table aux nerfs sur un côté de la plaie de saignée,
- à l'entrée de la file d'habillage, sur l'autre côté de la plaie de saignée.

À chaque stade, les prélèvements de surface ont été réalisés par chiffonnage de la couenne sur une surface de 300 cm². Chaque chiffonnette faisait l'objet d'un dénombrement de la flore mésophile totale à 30 °C (NF V08-051) et des entérobactéries (NF V08-054), et d'une recherche de salmonelles (NF V08-052).

ANALYSES STATISTIQUES

Après transformation des résultats des dénombrements de la flore mésophile totale à 30 °C et des entérobactéries en Log₁₀ (Log), les variables "décontamination" ont été calculées pour chaque flore par diffé-

rence entre la contamination après le deuxième four (allumé ou éteint) et la contamination initiale (sur la table aux nerfs).

Une analyse de variance (procédure GLM de SAS®) a été effectuée sur les données quantitatives (dénombrements et "décontamination"), en incluant comme effets principaux du modèle le traitement, l'abattoir et le moment de la journée, ainsi que leurs interactions. Le moment de la journée correspond à 4 classes de 2 h d'abattage (0-1 h d'activité, 2-3 h, 4-5 h, 6 h et plus), afin d'évaluer l'influence du nombre de porcs abattus. En cas d'effet significatif du traitement, une comparaison multiple de moyennes a été effectuée (test de Tukey).

La prévalence et l'évolution de la contamination en salmonelles ont été analysées par la procédure FREQ de SAS® (1999), avec des tests du Khi-2 et de McNemar.

LE FLAMBAGE S'AVÈRE EFFICACE SUR LA CONTAMINATION BACTÉRIOLOGIQUE DES CARCASSES

La contamination moyenne initiale des carcasses en flore mésophile totale est différente ($p < 0,001$) selon les abattoirs (Tableau 2) : celle de l'abattoir 1 étant en moyenne 1 Log plus élevée que celle de l'abattoir 2, les niveaux de contamination n'étant pas différents entre les abattoirs 2 et 3. En revanche, le niveau de contamination en flore totale à la table aux nerfs n'était pas statistiquement différent entre le simple ou le double flambage.

En entérobactéries, le niveau de contamination de l'abattoir 3 est différent entre les deux jours où ont été testés les deux types de flambage, néanmoins il est en moyenne significativement plus faible que celui de l'abattoir 2, l'abattoir 1 ayant une

Tableau 1 : LES TROIS ABATTOIRS ÉTUDIÉS ONT UN MODE DE FONCTIONNEMENT DIFFÉRENT

	Abattoir 1	Abattoir 2	Abattoir 3
Cadence de la chaîne	600 porcs/h	350 porcs/h	140 porcs/h
Temps moyen flambage :			
Four 1	11 s	10 s	2 rampes : 17 s
Four 2	12 s	7 s	9 s
Temps total double flambage	23 s	17 s	26 s
Temps passage 2e flagelleuse	47 s	60 s	45 s

Caractéristiques des process réalisés dans les abattoirs

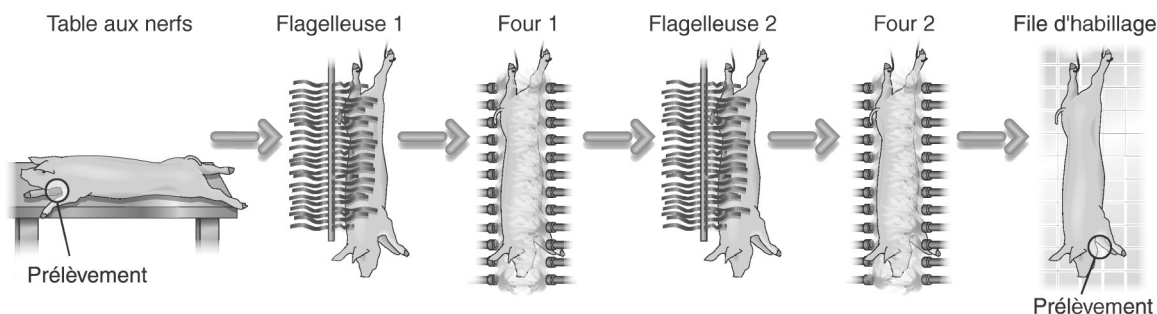
Tableau 2 : LA CONTAMINATION INITIALE VARIE SELON LES ABATTOIRS

Type\Flore	Abattoir 1		Abattoir 2		Abattoir 3		GLOBAL	
	FMT	Entéro.	FMT	Entéro.	FMT	Entéro.	FMT	Entéro.
Simple	6,02	2,98	5,01	3,44	5,23	2,32b	5,44	2,92b
Double	6,21	2,78	5,10	3,08	5,13	1,54a	5,45	2,45a

Dans une même colonne, deux lettres différentes indiquent une différence significative à 5 %

Niveau de contamination moyen des carcasses avant traitement (Log / 300 cm²)

Figure 1 : PRÉLÈVEMENT SUR LES CARCASSES



contamination intermédiaire. La différence de contamination de l'abattoir 3, ne se retrouve pas au niveau de la flore mésophile totale; elle est vraisemblablement liée à une contamination fécale différente (propreté des animaux, jeunement, ou nettoyage-désinfection de l'épileuse...) le jour de l'essai.

De façon générale, les écarts de contamination des carcasses en flore totale et entérobactéries entre abattoirs à la sortie de l'épileuse peuvent s'expliquer par des différences de contamination ou d'ajournement des animaux, de températures et/ou durées d'échaudage ou de propreté de l'épileuse.

Selon les études, la diminution de contamination entre la saignée et la sortie de l'épileuse varie de 0,6 à 1,7 Log pour la flore mésophile totale (Rahkio et al., 1992; Bolton et al., 2002; Warriner et al., 2002; Pearce et al., 2004). En effet, l'échaudage, à une température minimale de 60 °C permet de réduire de façon significative la contamination de surface des carcasses (Snijder, 1988; Pearce et al., 2004), y compris pour les salmonelles (Berends et al., 1997; Bolton et al., 2003).

Les résultats de Pearce et al. (2004) montrent ainsi que si la contamination en flore totale diminuait de 3,8 Log après échaudage, l'épileuse contribuait en revanche à l'augmenter d'environ 2,1 Log. L'épileuse est d'ailleurs largement considérée comme une source de contamination (Morgan et al., 1989; Gill et Bryant, 1992; Borch et al., 1996; Bolton et al., 2002), du fait notamment du risque d'expulsion de matières fécales (Morgan et al., 1989). Borch et al. (1996) identifient ainsi le nettoyage-désinfection de l'épileuse comme un point de contrôle lors de l'analyse des dangers de la chaîne d'abattage.

Quels que soient le type de flambage ou l'abattoir, la contamination des carcasses à l'entrée de la file d'habillage est en moyenne significativement plus faible qu'à la sortie de l'épileuse (sauf en flore totale pour l'abattoir 2). Cette diminution est inférieure à 1 Log pour la flore mésophile totale lors du simple flambage, alors qu'elle est beaucoup plus importante (jusqu'à 2,3 Log) pour les entérobactéries (Tableau 3). Cet écart entre les deux flores, plutôt

Tableau 3 : ÉVOLUTION DES DIFFÉRENTES FLORES AU COURS DES TRAITEMENTS

Flore	Flore Mésophile Totale (Log / 300 cm ²)				Entérobactéries (Log / 300 cm ²)			
	1	2	3	GLOBAL	1	2	3	GLOBAL
Abattoir\ Traitement								
Simple	0,86a	0,29b	0,81a	0,66	1,39a	1,70b	2,32c	1,78
Double	3,38a	2,38b	2,52b	2,74	2,68a	2,88a	1,54b	2,35

Pour une même flore, sur une même ligne, deux lettres différentes indiquent une différence significative à 5 %

Diminution moyenne de la contamination en fonction du traitement et de l'abattoir

qu'une sensibilité différente à la chaleur est vraisemblablement dû aux recontaminations apportées par la flagelleuse située après le premier four. En effet, l'efficacité du simple flambage sur la flore totale est d'environ 2,2 à 2,5 Log selon les publications (Rahkio et al., 1992; Pearce et al., 2004). Selon les mêmes auteurs la recontamination par les flagelleuses est estimée à 1,3-1,6 Log. D'après leurs résultats, la diminution de la contamination entre la table aux nerfs et l'entrée du hall d'habillage serait donc de 0,6 à 1,2 Log, résultats assez proches de ceux observés dans notre étude bien que les conditions expérimentales soient différentes. Les entérobactéries sont moins concernées par cette recontamination par la flagelleuse que la flore totale, indicatrice du niveau d'hygiène général. En effet, les données de Warriner et al. (2002) montrent également un écart de 1 Log entre les deux flores, entre les niveaux de contamination observés à la table aux nerfs et à l'entrée du hall d'habillage, avec deux flagelleuses encadrant le flambage.

La diminution de la contamination est supérieure à 2 Log pour les deux flores, lorsque le deuxième four, situé avant le hall d'habillage, est en fonctionnement. Il permet d'obtenir des carcasses ayant un niveau de contamination en entérobactéries extrêmement faible, puisqu'il ne dépasse pas 0,2 Log pour 300 cm², avant éviscération. Le deuxième four, en plus "d'annuler" la contamination apportée par la deuxième flagelleuse, améliore significativement le niveau de contamination des carcasses à l'entrée du hall d'habillage, puisqu'il diminue d'1,2 Log environ la contamination en entérobactéries par rapport au simple flambage. Pour l'abattoir 3, l'efficacité du four 3 est vraisemblablement sous-estimée d'au moins 0,8 Log, car la contamination initiale en

entérobactéries était plus faible que lors de l'essai avec le simple flambage, et aucune bactérie n'a pu être dénombrée après flambage.

L'EFFICACITÉ DU FLAMBAGE N'EST PAS INFLUENCÉE PAR LE NOMBRE DE PORCS PASSÉS SUR LA CHAÎNE

Du fait du protocole expérimental, il n'est pas possible de dissocier l'effet "cadence" de l'effet "abattoir". En effet, chaque abattoir est caractérisé par un processus spécifique avant le flambage: température et durée d'échaudage, durée d'épilation notamment, qui conditionnent le niveau de contamination initiale des carcasses sur la table aux nerfs. Les durées de flambage, simple ou double, sont également différentes, de même que les durées de polissage, ce qui empêche toute comparaison. Ainsi, si les abattoirs 1 et 2 ont des durées de simple flambage très proches (10 secondes environ), on ne peut conclure pour autant que la moindre efficacité du simple flambage de l'abattoir 2 sur la flore totale est due à une cadence plus faible...

Indépendamment du niveau de propreté initial du matériel, la contamination apportée naturellement par les animaux et l'air augmente la charge bactérienne des surfaces en contact avec les carcasses, et le niveau de contamination moyen de celles-ci augmente au cours de la journée, y compris pour les pathogènes (Warriner et al., 2002; Bouvet et al., 2003). Rahkio et al. (1992) ont ainsi mis en évidence que la contamination moyenne de la flagelleuse située après le four augmente de 1 Log et se stabilise après 5 h d'activité. Les résultats de Warriner et al. (2002) montrent que la contamination moyenne des carcasses à différents points de la chaîne d'abattage (saignée, table aux nerfs, avant éviscéra-

Tableau 4: L'EFFICACITÉ DU FLAMBAGE N'EST PAS PROPORTIONNELLE À L'AUGMENTATION DE LA CONTAMINATION

Flоре	Durée de l'activité	[0-1 h]	[2-3 h]	[4-5 h]	Plus de 6 h	
Flоре мésophile totale	Contamination Initiale	5,05 ^a	5,34 ^b	5,59 ^c	5,74 ^c	
	Efficacité Flambage	Simple	0,47	0,51	0,64	0,97
		Double	2,79	2,81	2,89	2,53
Entérobactéries	Contamination Initiale	2,41 ^a	2,76 ^b	2,75 ^b	2,78 ^b	
	Efficacité Flambage	Simple	1,51	1,90	1,88	1,83
		Double	2,20	2,51	2,42	2,30

Pour une même flore, sur une même ligne, deux lettres différentes indiquent une différence significative à 5 %

Évolution de la contamination en fonction du nombre d'heures d'activité

tion et avant ressuage) après 6-8 h d'activité est plus élevée d'environ 0,5 Log que celle obtenue les deux premières heures d'abattage.

Dans notre étude (Tableau 4), la contamination des carcasses en flore totale à la sortie de l'épileuse augmente significativement au cours de la journée ($p < 0,01$), l'écart avec le début de l'abattage atteignant 0,7 Log après 6 h d'abattage. La situation est moins marquée pour les entérobactéries, puisque le niveau de contamination maximal (+0,35) est atteint après 2 h d'activité.

Du fait de cette augmentation du niveau moyen de contamination des carcasses, l'efficacité du flambage augmente également, surtout pour le simple flambage et la flore mésophile totale. Mais cette augmentation de l'efficacité du flambage, simple ou double, n'est pas proportionnelle à l'augmentation de la contamination des carcasses avant flambage: les carcasses qui entrent dans le hall d'habillage après 6 h d'activité ont ainsi une charge bactérienne de 0,2 à 0,75 Log plus élevée qu'en début d'abattage, en fonction de la flore et du type de flambage considéré.

APRÈS FLAMBAGE LE TAUX DE SALMONELLES EST FAIBLE MAIS LES CARCASSES PEUVENT ÊTRE RECONTAMINÉES PAR LES FLAGELLEUSES

L'échaudage permet généralement de réduire l'incidence des salmonelles, alors que l'épileuse est une source de re-contamination (Gill et Bryant, 1992; Pearce et al., 2004) en raison notamment du risque d'expulsion de matières fécales (Morgan et al., 1989). La contamination des carcasses à la table aux nerfs dépend donc de la présence éventuelle de salmonelles au niveau intestinal

(risque amplifié par un jeunement insuffisant) et de la présence de salmonelles dans l'épileuse liée aux lots précédents. La prévalence peut donc être très variable en fonction des lots, ce qui explique les différences observées entre les jours où ont été testés le simple et le double flambage (0 à 33 %), mais empêche les comparaisons entre types de flambage. Bien que l'abattoir 3 n'ait présenté aucune salmonelles (Tableau 5), la prévalence globale à la table aux nerfs varie de 3 à 16 %, ce qui est conforme aux ordres de grandeur trouvés par d'autres auteurs (Bolton et al., 2002; Pearce et al., 2004). À l'entrée du hall d'habillage, les 8 % trouvés sont proches des prévalences rapportées par Bouvet et al. (2003) ou Bolton et al. (2002).

Globalement, le flambage permet de réduire significativement ($p < 0,05$) la prévalence en salmonelles, qu'il soit simple ou double. Du fait de la faible contamination initiale, l'efficacité est surtout visible pour le simple flambage dans l'abattoir 1 ($p < 0,01$). La prévalence de l'abattoir 2 après simple flambage n'est pas différente de celle observée à la

table aux nerfs, elle semble même plus élevée (17,5 vs 12,5 %). En fait, dans cet abattoir, sur les 5 carcasses initialement contaminées à la sortie de l'épileuse 1 seule est retrouvée positive à l'entrée du hall d'habillage, ce qui montre l'efficacité du simple flambage, mais la flagelleuse a joué un rôle important dans la re-contamination des carcasses puisque 6 des 7 carcasses positives après la flagelleuse étaient négatives avant le four. On observe le même phénomène pour l'abattoir 1, même s'il est moins marqué, 2 des 3 carcasses positives après la flagelleuse étant négatives avant le four. Ces observations individuelles sont en accord avec les conclusions de Berends et al. (1997) et confirment l'importance des flagelleuses dans la re-contamination des carcasses (80 % des contaminations à l'entrée du hall d'habillage), mais également l'efficacité du simple flambage (90 % des salmonelles éliminées).

Bien qu'il ne soit pas possible de conclure sur l'efficacité du double flambage pour chaque abattoir, aucune salmonelle n'a été détectée dans les 3 abattoirs sur les carcasses ainsi traitées.

Tableau 5: LE DOUBLE FLAMBAGE RÉDUIT LE TAUX DE SALMONELLES

Flambage	Abattoir 1		Abattoir 2		Abattoir 3		GLOBAL	
	Simple	Double	Simple	Double	Simple	Double	Simple	Double
Table aux nerfs	33,4 % a	2,5 %	12,5 %	6,7 %	0 %	0 %	16 % a	3,1 % a
	15/45	1/40	5/40	3/45	0/40	0/45	20/125	4/130
Hall d'habillage	6,7 % b	0 %	17,5 %	0 %	0 %	0 %	8 % b	0 % b
	3/45	0/40	7/40	0/45	0/40	0/45	10/125	0/130

Dans une même colonne, deux lettres différentes indiquent une différence significative

Évolution de la contamination en salmonelles en fonction du flambage et de l'abattoir

SI LE DOUBLE FLAMBAGE PRÉSENTE UN INTÉRÊT CERTAIN, SON EFFICACITÉ PEUT VARIER SELON LA CONTAMINATION INITIALE DES CARCASSES

L'étude réalisée dans trois abattoirs équipés d'un deuxième four, juste après la dernière flagelleuse, montre l'intérêt de ce flambage supplémentaire dans la maîtrise, voire l'amélioration, du niveau de contamination des carcasses à l'entrée du hall d'habillage. Quels que soient l'abattoir et la flore considérés, le double flambage permet d'améliorer significativement de 1,5 à 3,4 Log la charge bactérienne moyenne des carcasses par rapport à la contamination observée à la sortie de l'épileuse.

Les résultats montrent également, que le classique simple flambage permet de diminuer efficacement la contamination bactérienne, en particulier pour les entérobactéries qui diminuent de 1,4 à 2,3 Log. Cette efficacité peut être remise en cause par le niveau d'hygiène de la flagelleuse qui est située juste après, la diminution en flore totale étant 1 Log inférieure à celle observée en entérobactéries.

S'il n'a pas été possible de conclure sur l'influence de la cadence de l'abattoir sur l'efficacité du flambage, simple ou double, nos résultats indiquent que le niveau de contamination des carcasses à la sortie de l'épileuse dépend du processus spécifique à chaque abattoir (échaudage et épilation), l'écart entre abattoirs pouvant être supérieur à 1 Log. Ils confirment également que ce niveau de contamination initiale augmente sensiblement au cours de la journée d'abattage, en particulier pour la flore mésophile totale, l'augmentation que l'efficacité du flambage ne parvient pas à compenser.

Bien que les pourcentages observés de carcasses contaminées par les salmonelles à la sortie de l'épileuse ne permettent pas de comparer l'efficacité du simple et du double flambage, le pourcentage de salmonelles à l'entrée du hall d'habillage est significativement plus faible. Cette amélioration due au flambage, qu'il soit simple ou double, ne doit pas faire oublier pour autant l'importance des contaminations croisées liées aux flagelleuses, qui peuvent atteindre 85 %, même si le double flambage permet de les réduire.

En plus de limiter le risque de recontamination des carcasses par la flagelleuse située après le premier four, le double flambage permet d'améliorer le niveau d'hygiène des carcasses juste à l'entrée du hall d'habillage.

L'efficacité du deuxième four ne permet cependant pas de compenser totalement l'augmentation de la contamination observée au cours de la journée d'abattage. Le niveau d'hygiène des carcasses dépend également de la contamination initiale des carcasses, étroitement liée au processus et à sa maîtrise (durée et température d'échaudage, propreté de l'épileuse et des flagelleuses), mais également à l'état d'ajournement des animaux (risque d'expulsion de matières fécales dans l'épileuse).

Le double flambage doit donc être considéré par les industriels comme un des moyens de maîtrise de la contamination bactériologique des carcasses avant éviscération, et sa mise en place (température, durée) raisonnée en fonction du niveau de contamination initiale et du niveau recherché.

B I B L I O G R A P H I E

BERENDS B.R., VAN KNAPEN F., SNIJDERS J.M.A., MOSSEL D.A.A., 1997. Identification and quantification of risks factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses. *International Journal of Food Microbiology*, 36, 199-206.

BOLTON D.J., PEARCE R.A., SHERIDAN J.J., BLAIR I.S., MCDOWELL D.A., HARRINGTON D., 2002. Washing and chilling as critical control point in pork slaughter hazard analysis and critical control point (HACCP). *Journal of Applied Microbiology*, 92, 893-902.

BOLTON D.J., PEARCE R.A., SHERIDAN J.J., MCDOWELL D.A., BLAIR I.S., 2003. Decontamination of pork carcasses during scalding and the prevention of *Salmonella* cross-contamination. *Journal of Applied Microbiology*, 94, 1036-1042.

BORCH E., NESBAKKEN T., CHRISTENSEN H., 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 30 (1-2): 9-25.

BOUVET J., BAVAI C., ROSSEL R., LE ROUX A., MONTET M.P., MAZUY C., VERNIZY-ROZAND C., 2003. Evolution of pig carcass and slaughterhouse environment contamination by *Salmonella*. *Revue Méd. Vét.*, 154 (12), 775-779.

GILL CO., BRYANT J., 1992. The contamination of pork with spoilage bacteria during commercial dressing, chilling and cutting of pig carcasses. *International Journal of Food Microbiology* 16 (1): 51-62.

MORGAN I.R., KRAUTIL F.L., CRAVEN J.A., 1989. Bacterial populations on dressed pig carcasses. *Epidemiology and Infection*, 98, 15-24.

PEARCE R.A., BOLTON D.J., SHERIDAN J.J., MCDOWELL D.A., BLAIR I.S., HARRINGTON D., 2004. Studies to determine the critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point. *International Journal of Food Microbiology*, 90, 331-339.

RAHKIO M., KORKEALA H., SIPPOLA I., PELTONEN M., 1992. Effect of pre-scalding brushing on contamination level of pork carcasses during the slaughtering process. *Meat Science*, 32 (2), 173-183.

SAS®, 1999. SAS® OnlineDoc Version 8, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

SNIJDERS J.M.A., 1988. Good manufacturing practices in slaughter lines. *Fleischwirtschaft*, 68 (6), 753-756.

TROEGER K., 1993. Scalding and dehairing technology – Influence on the bacterial count of pig carcasses. *Fleischwirtschaft*, 73 (10), 1157-1160.

WARRINER K., ALDSWORTH T.G., KAUR S., DODD C.E.R., 2002. Cross-contamination of carcasses and equipment during pork processing. *Journal of Applied Microbiology*, 93, 169-177.