

AGR-VET- 3-MACELLAZIONE
docente Patrizia Cattaneo)

Bibliografia:

Meat and Meat products, Varnam & Sutherland, Chapman & Hall, 1995 (3/217, 3511)
The manual of manufacturing meat quality, Church & Wood, Elsevier Applied Science, 1991 (3/161, 2941)

Importanza dei trattamenti pre-macellazione

Costituiscono una fase molto importante per la qualità della carne. Ogni stress sull'animale può causare ferite, con deprezzamento anche grave della carcassa (es. frattura agli arti dei polli). Alcuni suini sono molto suscettibili allo stress e ci possono essere decessi, ma più comunemente carni difettose PSE, anche in genotipi più resistenti allo stress. Nei bovini sono noti altri problemi, come le carni DFD. Lo stress causa maggiore defecazione e contaminazione dei corpi degli animali e degli uccelli, con aumento del rischio di contaminazione delle carni, specialmente da Salmonella in suini e polli. Si suppone che lo stress possa portare a diffusione di *E. coli* O157:H07 in bestiame che era risultato non portatore ai test. I problemi possono essere ridotti mantenendo il più possibile un'atmosfera calma e certe crudeltà gratuite sugli animali sono solo da condannare. Il trasporto deve essere condotto su mezzi idonei evitando il sovraccarico e la ventilazione, specie nei mesi caldi, in quanto il surriscaldamento può provocare l'insorgere di problemi in suini soggetti a stress da calore. In Danimarca i mezzi devono essere corredati di ventilatori.

Le stalle di sosta devono possedere requisiti di igiene e di pulizia, specie dopo ogni lotto di animali. Gli animali devono essere protetti da situazioni estreme di luce, calore e freddo. Le stalle devono essere correttamente ventilate e dotate di acqua per l'abbeverata. Se l'animale debba essere nutrito o meno è materia di discussione e dipende dalla durata, lunghezza del viaggio e ultimo pasto.

L'introduzione nella stalla di sosta è già motivo di stress, occorre evitare scalini e ogni motivo di paura o dolore. Il tempo di sosta più adeguato è 3-4 ore, che riduce l'incidenza di PSE e non fa aumentare l'incidenza di DFD. Se l'animale è stanco o molto agitato può essere fatto sostare fino a 24 ore, mai più di 36 ore per evitare il rischio di infezioni e di esaurimento.

Macellazione e prime operazioni

Bovini

L'ingresso in un macello è un punto critico di controllo rispetto alla sicurezza alimentare e il controllo dei patogeni è perseguito prevenendo l'entrata di animali infetti. La visita ispettiva identifica ed esclude animali malati, ma l'infezione talvolta non è riconoscibile perché senza sintomi. Esistono test mediante l'analisi del DNA per riconoscere gli animali portatori di patogeni quali *E. coli* O157:H7, ma la validità dei test rapidi è molto controversa.

Le operazioni possono essere riassunte in figura 1. Nei macelli a larga scala si usa un sistema a catena, nel quale ogni serie di operazioni è condotta da lavoratori specializzati; in certi casi ci sono sistemi ad alta automazione. Nei macelli piccoli gli animali sono macellati con un rapporto un uomo per animale. Le attrezzature e gli edifici sono in genere migliori nei grossi macelli, il che dovrebbe portare a standard igienici migliori; nei macelli piccoli però si possono avere alti standard qualitativi per l'alto livello di professionalità del personale, che può mancare nei lavoratori delle unità operative dei grandi macelli. L'alta velocità della linea di macellazione può ridurre gli standard qualitativi.

Lo stordimento è principalmente eseguito con pistola a proiettile a penetrazione captivo (non consigliato per i suini nei macelli ad alto numero per incidenza PSE e per spargimento di sangue) o ad aria compressa, che non deve essere ricaricato e disturba meno gli animali successivi; maglio di stordimento non penetrante; pistola a proiettile libero. Il proiettile captivo è talvolta usato per suini pesanti e pecore. Il proiettile penetra nel cranio e distrugge parte del cervello; il metodo non può essere usato se si vuole mantenere il cervello.

Segue una corretta e pronta iugulazione con il taglio delle due carotidi che provoca la morte in pochi secondi e un rapido dissanguamento. Si devono aspettare almeno 5 secondi dopo lo stordimento per accertare l'efficacia dello stesso. Con un coltello diverso da quello usato per la iugulazione si incidono la gola e i grossi vasi fino al cuore evitando di tagliare esofago e trachea. Il tempo di dissanguamento raccomandato è di 6 minuti.

La refrigerazione è un punto critico di controllo perchè determina la qualità microbiologica della carne. Il principio generale è che deve essere la più rapida possibile. In UE la legge stabilisce una temperatura in profondità della muscolatura di 7°C entro 24 ore dalla macellazione. Il rapido raffreddamento della carcassa del bovino può portare alla contrattura da freddo e conseguente durezza. La contrattura da freddo è probabile se si arriva a 10°C quando il pH è di 5,5 e inizia il rigor. Bilanciare raffreddamento rapido e prevenzione della contrattura è difficile; la stimolazione elettrica può aiutare accelerando l'insorgenza del rigor-mortis.

I refrigeranti ad aria forzata devono assicurare la capacità di raffreddare anche in condizioni di temperatura esterna molto alta; punti critici sono il rapido raffreddamento senza un'eccessiva disidratazione superficiale e perdita di peso, il controllo dell'umidità che potrebbe favorire la crescita microbica superficiale. Deve essere evitato l'ammassamento delle carcasse e il carico eccessivo.

Il tempo di frollatura (maturazione) deve essere di almeno una settimana prima delle operazioni di smembramento in tagli commerciali.

Nella tradizione le mezzene sono lasciate frollate, segue il sezionamento; ora è più comune smontare la carcassa in tagli principali disossati, poi messi sotto vuoto, in locali attigui al macello, con riduzione dei costi di refrigerazione e trasporto. I supermercati preferiscono questo sistema. Il sistema classico è stato però di recente rivalutato perché la carne ottenuta risulta di più alta qualità, e, se abbinato alla sospensione della carcassa per l'osso dell'anca, si ritiene renda la carne più tenera.

Pecore

Il processo di macellazione è simile a quello del bovino; la pratica del taglio completo della gola è stata sostituita dalla iugulazione dopo lo stordimento elettrico. La pecora è molto suscettibile alla contrattura da freddo ed è necessario uno stretto controllo del raffreddamento. Un protocollo comune comprende: riduzione della temperatura a 12-15°C, mantenimento a 15°C per 18 ore, seguito da raffreddamento lento sotto 5°C. Comune è il disosso e la messa sotto vuoto dei tagli primari. In Nuova Zelanda si usa la stimolazione elettrica e la refrigerazione rapida.

Suini

Dopo lo stordimento (elettrico o con CO₂) segue la iugulazione. La pelle non viene rimossa. Lo stordimento elettrico può influenzare la qualità per una incidenza di carni PSE tre volte superiore a quella riscontrata lo stordimento con CO₂. Anche l'insorgenza del rigor è più precoce e ciò è attribuito ad un aumento del metabolismo muscolare. Si hanno spasmi al distacco della corrente con emorragie puntiformi dovute a rottura di vasi minori. Dopo la iugulazione e il dissanguamento (tempo raccomandato 2 minuti) segue la scottatura; il metodo più comune è l'immersione in acqua calda. La temperatura riduce la

carica microbica, ma l'acqua stessa può essere fonte di contaminazione da microrganismi termoresistenti che vengono aspirati dal taglio causato dal coltello. Un metodo alternativo è la flambatura con fiamme a gas; segue la spazzolatura delle setole (depilazione) con spazzole rotanti e spray di vapore ed il lavaggio. La scottatura (6-9 minuti a 62°C) e la depilazione sono le operazioni più a rischio in quanto per il caldo e lo stress meccanico si accelera la glicolisi con rischio PSE. E' proposta in alternativa la spellatura.

Il controllo della velocità di raffreddamento è importante per la qualità microbiologica e sensoriale della carne. Si può avere contrattura da freddo se la temperatura scende a 10°C quando il pH è maggiore di 6,2. Se la glicolisi è accelerata, si può raffreddare rapidamente riducendo drip loss e colore pallido. Nei suini con genotipo stress resistenti e con glicolisi lenta non si può raffreddare rapidamente. La stimolazione elettrica non è molto usata perché si rischia la condizione PSE.

Durante il raffreddamento c'è una certa disidratazione della pelle con perdita di peso, ma c'è il vantaggio del controllo della flora microbica. Dopo il raffreddamento seguono il disosso e il sezionamento, meno frequente il sotto vuoto dei tagli primari.

Pollame

La maggior parte dei macelli per polli opera su larga scala e il processo è in parte automatizzato. Gli stadi di processo per polli e tacchino sono simili, con alcune differenze. Nei polli si usa lo stordimento in bagno ad acqua elettrificato dove passa la testa, che ha il difetto della possibile contaminazione delle carcasse per aspirazione di acqua.

La scottatura è un'operazione necessaria per rimuovere le penne. Il sistema più comune è una vasca con acqua calda circolante, meno comuni spray di acqua calda e vapore. In genere si usa una scottatura a 60°C per i polli che sono congelati, a 50°C per i polli venduti refrigerati. Molti usano acqua calda perché si evita la moltiplicazione di *Salmonella* nella vasca e temperature di 56°C sono efficaci nel ridurre l'adesione di *Salmonella* alla cute, in questo e negli stadi successivi, migliorandone nel contempo la conservabilità.

La spennatura è fatta meccanicamente con serie di dita di gomma; poiché si ha una diffusione aerea di microrganismi questa operazione deve essere separata dalle operazioni pulite. Le dita stesse tendono ad essere colonizzate da microrganismi ed è possibile la contaminazione crociata; la spennatura può ledere la pelle dei polli favorendo la contaminazione da *Salmonella* e altro. Il pronto lavaggio, oltre ad asportare le tracce di penne, rimuove i microrganismi. L'eviscerazione può essere manuale o meccanica, deve essere eseguita senza fuoriuscita di materiale fecale e in modo completo. A questo stadio c'è il controllo e la visita ispettiva. Stomaco e fegato sono trattati separatamente e possono essere riposti nel pollo preparato; questa operazione costituisce un punto debole del processo. In passato era pratica comune il trattamento con polifosfati o con acqua salata per migliorare la succulenza del prodotto e aumentarne la resa in peso. La pratica è ora meno comune per le proteste dei consumatori.

Dopo l'eviscerazione segue il lavaggio per rimuovere la *Salmonella*, anche se l'effetto sulla carica totale è minimo, di un solo ciclo logaritmico. Deve essere eseguito subito per evitare l'adesione dei batteri alla pelle.

La temperatura del pollo dopo l'eviscerazione è superiore ai 30°C e il raffreddamento deve essere veloce per evitare un deterioramento prematuro. Il raffreddamento può essere fatto in acqua o in aria fredda. Il raffreddamento in acqua consiste in una serie di ampie vasche in serie che possono ognuna contenere centinaia di carcasse. L'acqua scorre da una vasca all'altra, l'acqua delle prime vasche è meglio che sia raffreddata o addizionata di ghiaccio. Le carcasse sono agitate meccanicamente o con flussi d'aria compressa; alcuni impianti sono forniti di una coclea che rimuove e spinge le carcasse lungo l'impianto di raffreddamento. Secondo le norme CE l'acqua deve essere introdotta contro corrente in modo che le carcasse incontrino acqua più pulita. Il lavaggio asporta parte dei

microrganismi, ma nell'impianto possono accumularsi batteri quali *Salmonella* con alti livelli di contaminazione crociata. Il controllo della contaminazione è ottenuto con un giusto rapporto acqua/pollo (CE 2,5 – 6 L/carcassa) che scende a 1 – 2L nell'ultima parte del sistema, e con la disinfezione al termine di ogni periodo di lavoro con ipoclorito, ClO₂ o ozono. La concentrazione di cloro deve essere alta (residuo 45-50 mg/L) perché parte della attività del cloro è ridotta dalla presenza di materia organica e dalla bassa temperatura. La clorazione dell'acqua non incide sulla contaminazione della carcassa, ma impedisce la moltiplicazione di *Salmonella* nell'acqua. Ovviamente la disinfezione da sola non basta a correggere cattive pratiche di lavorazione.

La temperatura dell'acqua in ingresso non deve essere superiore a 16°C, all'uscita a 4°C. Nei piccoli impianti il raffreddamento viene eseguito su letti di scaglie di ghiaccio per una notte. Con i tacchini ed i polli grossi questa procedura è successiva al raffreddamento in acqua e favorisce la frollatura, tuttavia il numero di batteri psicrotrofi cresce di circa 5 volte in 24 ore a 0°C.

Il raffreddamento in aria è preferito in Europa per i polli venduti refrigerati; può esserci un primo raffreddamento in una cella e segue poi il tunnel ad aria forzata. Il rischio di contaminazione crociata è basso, ma manca l'effetto del lavaggio; c'è comunque il rischio che l'impianto diventi fonte di batteri psicrotrofi se le condizioni igieniche non sono controllate. Meno usato l'azoto liquido. Il ghiaccio secco è utile per aumentare la vita commerciale dei tacchini nei periodi di maggiore richiesta; viene aggiunto dopo il confezionamento per evitare danni alla pelle, la carcassa è portata a 2°C e la conservazione aumenta di 3-4 gg. Si usa anche la conservazione in atmosfera di CO₂.

Dopo il raffreddamento segue la congelazione o la divisione in tagli commerciali.

Disosso a caldo

Comprende il sezionamento della carcassa in pre-rigor, entro 3 ore dalla morte con i muscoli ancora caldi (fino a 20°C). I vantaggi sono l'aumento di WHC (Water Holding Capacity, vedi) colore più uniforme, costi di refrigerazione minori, minori perdite di peso per evaporazione. Si usa per preparare tagli primari di bovino, agnello, suino destinati ad altre lavorazioni. In minor misura per il pollo. Non è ancora molto diffusa perché ci sono rischi quali maggiore indurimento per un limitato accorciamento dei muscoli (bilanciato da maggiore tenerezza dovuta al mantenimento a 15-20°C), crescita microbica favorita dalle condizioni di temperatura e umidità e dalla maggiore contaminazione.

Decontaminazione delle carcasse

Ci sono due approcci alla decontaminazione delle carcasse, di recente interesse. Il primo è quello di ridurre il carico microbico complessivo, aumentando la vita commerciale e nel contempo ridurre i patogeni, tenendo presente che la decontaminazione non può sostituirsi a scarsa igiene di macellazione. Il secondo è quello di mirare il processo ai patogeni, specie *Salmonella*, di grande importanza nel pollame.

I metodi sono divisibili in fisici o per rimozione, chimici di rimozione o inattivazione, radiazioni ionizzanti.

Metodi fisici

Spray di acqua sotto alta pressione, maggiore di quella impiegata nel lavaggio, per rimuovere i batteri aderenti alla carne rossa o alla pelle dei polli, con una temperatura di 75°C (a 80°C ci sarebbe decolorazione). L'acqua costituisce comunque un rischio microbico sia perché bagna le carcasse, sia per gli aerosol che si formano. E' stato proposto il vapore per 10 secondi, non oltre per il rischio decolorazione, ma i costi sono superiori e la distribuzione del vapore richiede precauzioni speciali.

Esistono impianti, poco efficaci, con ultrasuoni o suoni di frequenza molto bassa per rimuovere i batteri di superficie dai polli con lo scopo di controllare i patogeni. Sono

applicati durante un bagno di acqua con turbolenza che allontana i batteri staccati dagli ultrasuoni. E' possibile la contaminazione crociata.

Una tecnica nuova, che deve ancora essere valutata a fondo, è l'applicazione di pressioni molto alte a tagli e carni tritate piuttosto che a mezzene o carcasse. Pressioni di 200-300 mPa hanno moderata efficacia nel ritardare la crescita per 2-6 giorni attraverso l'inibizione dei Gram negativi.

Pressioni superiori a 400-450 mPa riducono le conte di 3-5 cicli log e riducono gli *Pseudomonas* allo 0,01 % delle cellule presenti, con possibilità di una nuova moltiplicazione dopo 3-9 giorni a 3 °C. L'efficacia del processo aumenta se si abbina un riscaldamento a 50°C.

I Gram +sono più resistenti e richiedono pressioni superiori a 400mPa, le spore > a 600, in combinazione con un trattamento termico. Il meccanismo è dovuto a scompaginamento della membrana cellulare con distacco delle proteine di membrana e influenza sui legami non covalenti.

L'*inattivazione chimica* comprende l'uso di spray, o nel caso dei polli, di immersioni. I prodotti sono tantissimi, non sempre permessi dalle varie legislazioni. Tra questi cloro, acqua ossigenata, betapropionolattone, glutaraldeide, acidi organici. Questi ultimi devono il loro effetto inibente alla forma indissociata che penetra la cellula batterica acidificando il citoplasma, modificando la forza di scambio ionico, inibendo il trasporto di substrati, dell'energia e la sintesi di macromolecole. I più usati ed efficaci sono gli acidi acetico e lattico.

Gli acidi organici sono applicati prima del raffreddamento; l'immersione è più efficace, ma non è pratica con le carcasse grandi. La temperatura a 50-55°C migliora l'efficacia. Il processo dà risultati con un alto grado di contaminazione e pare che nel caso dei polli lo stesso effetto si possa raggiungere con buone pratiche di lavorazione (igiene e temperatura).

L'effetto sui patogeni non è significativo e si è visto che *E. coli* O157:H7 è molto resistente agli acidi acetico, citrico e lattico, mentre *S. typhimurium* lo è meno. La rimozione del carico microbico potrebbe favorire la crescita dei patogeni che non troverebbero competitori.

Gli acidi organici sono molto aggressivi e possono influenzare il colore della carne fino a non renderla vendibile e impartire aromi sgraditi percepibili anche dopo trasformazione.

Con il pollame l'obiettivo primario è quello di ridurre i patogeni, e ci sono diversi modi di introdurre uno stadio di decontaminazione tra le varie operazioni. L'aumento e la diminuzione del pH nelle vasche sono tentativi che datano da tempo; sono efficaci per ridurre *Salmonella* e *Campylobacter* nell'acqua circolante, ma non hanno effetto sulla contaminazione delle carcasse. La clorazione dell'acqua è un indubbio aiuto per l'igiene, ma non deve essere vista come un mezzo di decontaminare le carcasse. L'uso di ozono non ha dato risultati interessanti.

Nel pollame è stato brevettato il sistema AvGard per ridurre l'incidenza di salmonella e forse altri patogeni. E' permesso negli USA e in altri paesi e si basa sull'uso di trisodio fosfato TSP che riduce di due cicli log *Salmonella*, pari ad una contaminazione delle carcasse < 5%. Probabilmente agisce impedendo l'attecchimento dei batteri alla pelle piuttosto che attraverso proprietà battericide. Il sistema necessita di un impianto apposito, ma si sta studiando come inserirlo in un impianto normale. A temperatura di 50°C l'attività è estesa a *Campylobacter* che non verrebbe influenzato a basse temperature. L'effetto sul colore e sul sapore è minimo. L'effetto sulla flora contaminante è limitato ma è più efficace contro *E. coli* incluso il serovar O157:H7 che contro *S. typhimurium*, per cui c'è interesse ad estenderne l'uso al bovino.

Di recente è stata proposta una reazione che si basa su di una reazione catalizzata da perossidasi tra iodio e acqua ossigenata. Nel primo stadio la perossidasi trasferisce

elettroni dallo iodio, donatore di elettroni, all'acqua ossigenata che si riduce ad acqua e genera il potente antimicrobico tri-ioduro e iodio.

Radiazioni ionizzanti

Radiazioni ionizzanti alla dose di 3 kGy sono state proposte da molti anni per eliminare *Salmonella* dal pollame. Questa dose a 2°C riduce il batterio di 5 cicli log e quindi in pratica lo elimina. *Campylobacter* è più sensibile e viene efficacemente eliminato. La tecnologia è però poco applicata. Sono usati come fonti di radiazioni radioisotopi e acceleratori lineari, ma i primi sono preferiti per gli alimenti per la limitata penetrazione degli elettroni. Molto usato è il Co 60, che emette raggi gamma, ha una semivita di 5,3 anni ed è prodotto bombardando di neutroni il Co 59. Se la radiazione dei cibi si diffondesse forse il Co 60 non sarebbe sufficiente. Il Ce137 è molto più costoso.

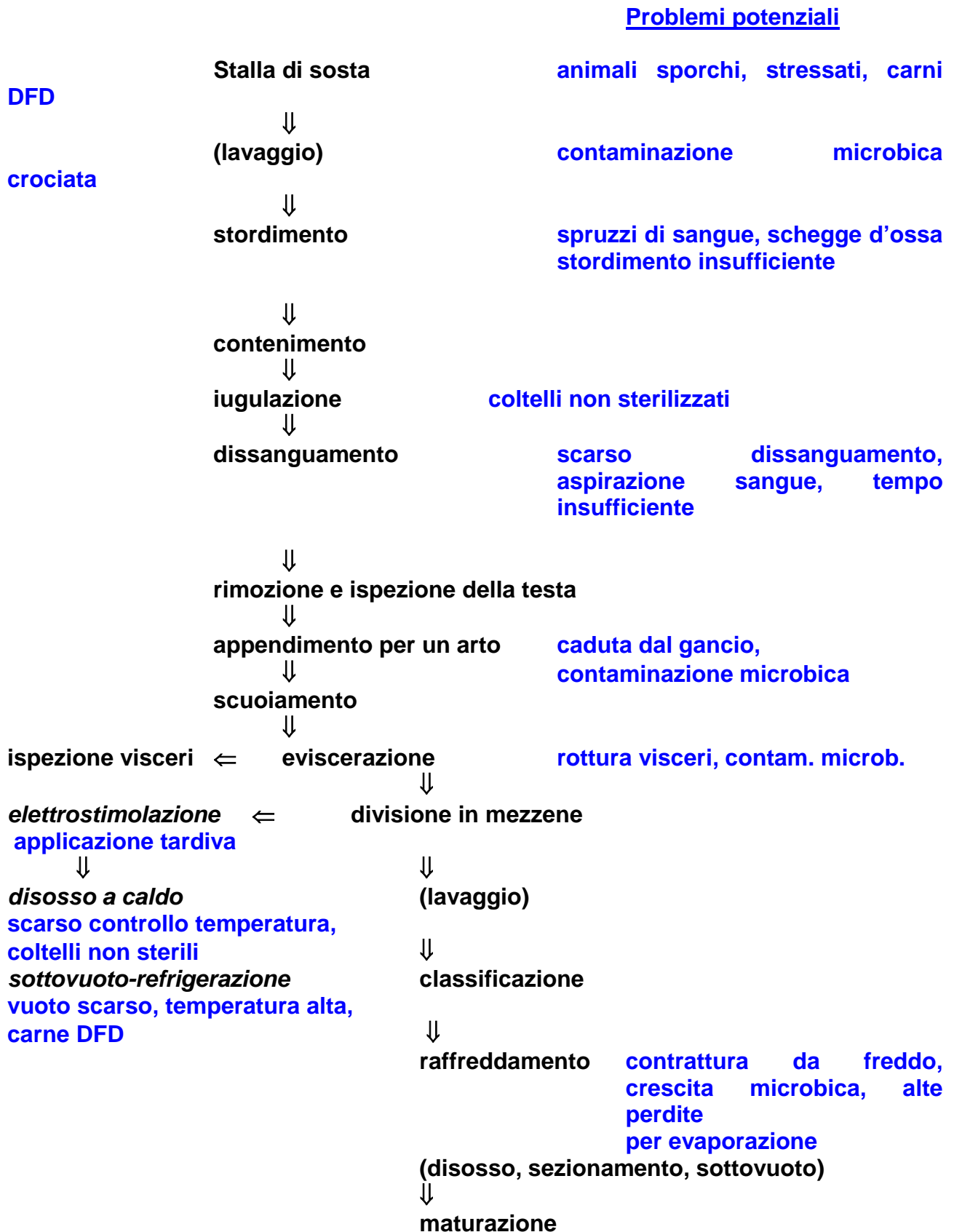
Le macchine produttrici di elettroni possono produrre elettroni di grande energia come i raggi X che danno la stessa penetrazione dei raggi gamma, a parità di livello energetico.

I polli irradiati sono poco commercializzati; vengono irradiati dopo il confezionamento per evitare la contaminazione post-confezionamento. L'irradiazione elimina anche la microflora vegetativa del deterioramento e fa aumentare indirettamente la shelf-life. Le endospore, incluso quelle del *Cl. botulinum* sopravvivono e la crescita di questo batterio è possibile. L'uso di imballaggi permeabili a O₂ elimina questa possibilità, ma contemporaneamente l'imballaggio deve essere impermeabile a umidità e batteri.

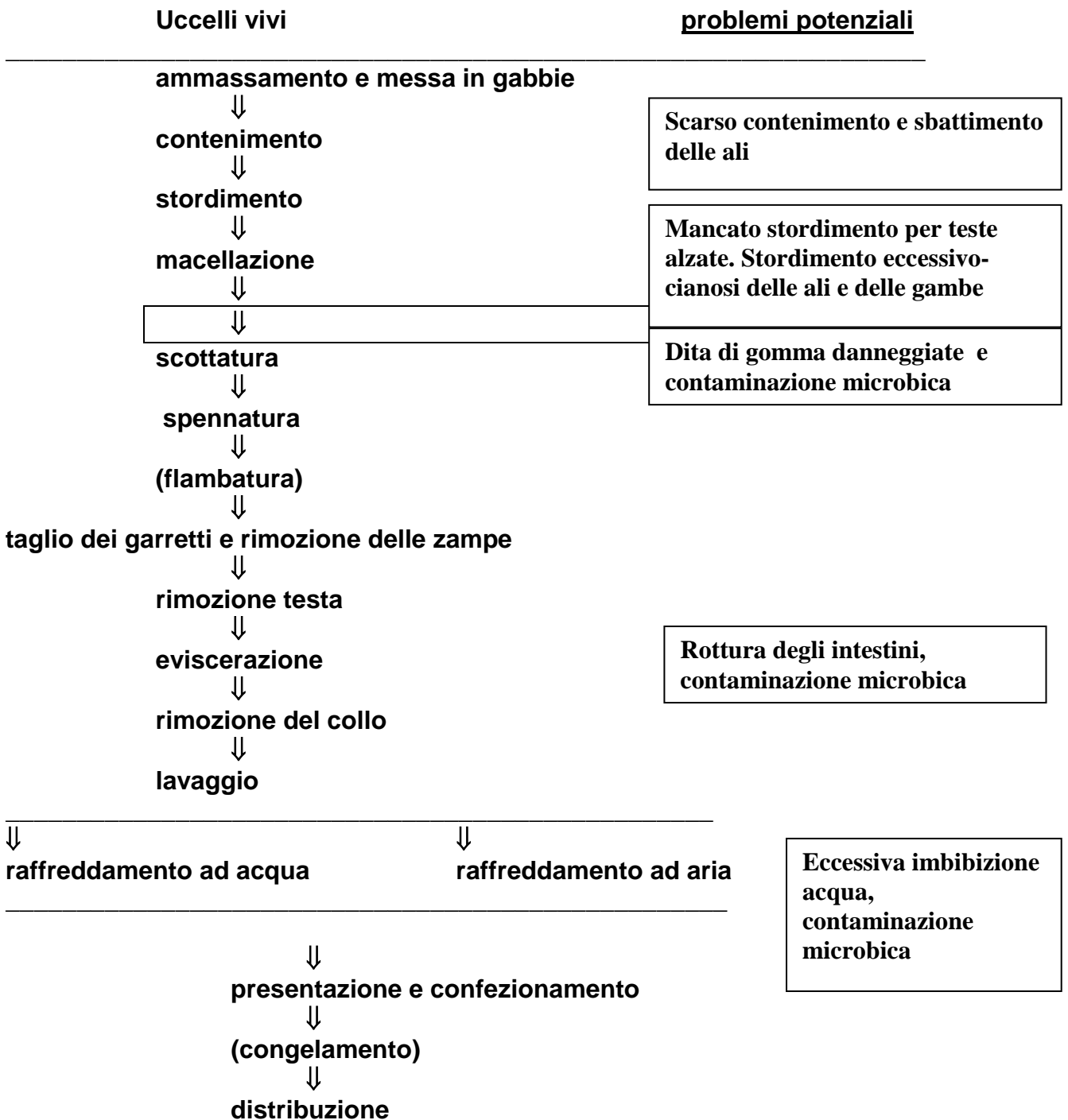
Sebbene il pollame sia l'applicazione principale, si è anche studiata la possibilità dell'uso con la carne rossa. Studi americani hanno dimostrato che una dose di 2,5kGy applicata a carne bovina inattiva *E. coli* O157:H7 10^{8,1}, *Salmonella* 10^{3,1} e *C. jejuni* 10^{10,6}. Sebbene ci siano variazioni secondo temperatura e contenuto in grasso, questa dose è considerata efficace per eliminare i principali microrganismi vegetativi.

La diffusione dell'irradiazione è comunque poco probabile nell'immediato a causa della prevenzione dei consumatori verso tutto ciò che concerne la radioattività e dello scarso entusiasmo degli igienisti alimentari per l'uso che l'industria potrebbe farne, cioè risanare alimenti molto contaminati e prolungare la conservabilità, invece di puntare all'eliminazione dei patogeni con buone pratiche di lavorazione.

Procedure standard per la macellazione e l'allestimento dei bovini



Procedure standard per la macellazione di polli e tacchini



Procedure standard per la macellazione dei suini

