

らかにされた。もう1件のデータは、ASC（700～900ppm、pH2.5付近）の噴霧洗浄によって *Salmonella* によると体汚染率が18.4%低下するとの内容であった。

ASCの活用方法として、と体の冷却作業に先立ち、ASCをと体に15秒間噴霧洗浄するかASCにと体を4～8秒間浸漬させることで、と体表面の *Salmonella* を減少させることも可能である。これについては、と体洗浄液1mLあたり $2 \log_{10}\text{cfu}$ 以上減少することが明らかにされている。

エアチラーも、生残している *Salmonella* の繁殖を最小限に抑えるうえで有用である。この効果は、と体の温度が低下することによってもたらされるものと考えられる。浸漬冷却の場合には、5ppmの塩素をチラー水に添加すれば、ブロイラー鶏と体表面の *Salmonella* と体洗浄液1mLあたり $2 \log_{10}\text{cfu}$ 減らせる可能性がある。

本会合で提示された別のデータからは、と体を冷却後にASC（750ppm、pH2.5付近）に浸漬した結果、*Salmonella* によると体汚染率が16%から0%に低下したこと（BernardとNatrajan、私信）、また二酸化塩素生成装置（5ppm）を冷却後の浸漬時に使用した結果、*Salmonella* によると体汚染率が15～25%低下したこと（Sanchez-Plata、私信）がそれぞれ明らかにされている。

5.3.2 *Campylobacter*

Campylobacter は、各洗浄工程で減少させることが可能である。塩素添加水（25ppm等）については、と体表面の *Campylobacter* を $0.5 \log_{10}\text{cfu/g}$ 減少できることが明らかにされている。と体の冷却作業に先立ち、と体にASCを15秒間噴霧するかと体をASCに4～8秒間浸漬させる方法も、*Campylobacter* によると体表面の汚染濃度を低下させるうえで有用である。この方法による汚染濃度の低下幅はと体洗浄液1mLあたり最高 $2 \log_{10}\text{cfu}$ である。また、新鮮水による洗浄後にASCを用いた噴霧洗浄を施せば、*Campylobacter* をあるいは $2.6 \log_{10}\text{cfu}$ 減少させることが可能である。

エアチラーによる強制冷却も、と体表面の水分を除去するので、ハザードに基づく *Campylobacter* 汚染防止対策として有効である。この方法では、*Campylobacter* を $0.4 \log_{10}\text{cfu/g}$ 減少することができる。

こうした各種方策に加え、新たな手法として、CO₂を用いた表面冷凍処理によって *Campylobacter* が $0.42 \log_{10}/\text{g}$ 減少したことが明らかにされている（第4章を参照）（BoysenとRosenquist [2009年]、Corryら [2003年]）。

5.4 第4段階：保存、小売段階および消費段階での取り扱い

5.4.1 *Salmonella*

内部温度が74℃以上になるように調理すると、*Salmonella* は $7 \log_{10}$ 減少する。

5.4.2 *Campylobacter*

コーデックスガイドライン案では、この第 4 段階に特化したハザードに基づく *Campylobacter* 汚染防止対策については言及されていない。しかし、出席者は CCFH 作業部会に対し、「鶏肉解体品を高濃度酸素（70%）で 8 日間冷蔵保存した結果、生残している *Campylobacter* は 2.0～2.6 log 減少した」（Boysen、Knøchel および Rosenquist、2007 年）という研究報告を考慮するよう勧告した。なお、「細菌による汚染を非人為的に発生させたと体に冷凍処理を施し、次いで-20℃で 31 日間保存した結果、*Campylobacter* は 0.65～2.87 log₁₀cfu/g 減少した」という知見はコーデックスガイドライン案に既に記載されている。

Campylobacter については、内部温度が 74℃以上になるように調理すると 7 log₁₀ 減少することが明らかにされている。

6 ウェブベースのリスク管理意思決定支援ツールの開発

6.1 開発の経緯

リスク管理意思決定支援ツールの主な用途は、CCFH から提起されたリスク管理に関する疑問を解決すべく、単一または複合形式での各種汚染防止対策による食品媒介感染症リスク低減効果の公算を簡便に予測することである。これが実用化すれば、リスクに基づく汚染防止対策に関するさまざまな組み合わせを各国で検討することが可能となる。また、業界レベルで HACCP の計画を立案するうえでも大きなメリットになるはずである。

このツールに関する CCFH からの要件以下のとおりである。

- ・特定の汚染防止対策がとられていない場合の、最終製品に関する簡易化リスクモデルを作成する。
- ・特定の汚染防止対策がとられた場合の、最終製品に関する簡易化リスクモデルを作成する。
- ・想定上のさまざまなフードチェーンを対象とした汚染防止効果を比較できるようにする。
- ・各種汚染防止対策とリスク低減効果との比例関係を示す。
- ・「将来起こりうる事態」を想定したモデルを作成する。

こうした要求を満たすため、FAO と WHO では本会合の開催前に電子討議グループを設定した。この目的は、鶏肉中の *Salmonella* と *Campylobacter* に関する簡便なリスク評価ツールの試作品を開発できる公算について討議するためであった。ツールの開発に必要な技術は整っているが、範囲、限界、機能性、性能といった多くの懸案事項は残されている。

電子討議グループでは、特に以下の問題点を検討した。

- ・上記の要件は実現可能なのか。
- ・上記の要件を満たすためには、ツールをどの程度「簡易化」すればよいのか。また、その「簡易化」は最終的に意義をもつのか。
- ・このツールについては、フードチェーン全般を網羅している単体と考えてよいのか。あるいは生産、加工処理といった工程別に「シリーズ化」されたものなのか。もし「シリーズ化」されている場合、各工程は相互に関連づけられているのか。

電子討議グループでの話し合いの結論として、以下の事項が本会合で発表された。

- ・上記の要件はすべて実現可能である。
- ・必要かつしかるべき簡易化の程度については目下検討中である。
- ・ツールは単体の形となる。
- ・ツールは加工処理工程のみを対象とする。

- ・詳細かつ複合的なリスク評価モデルは数多く存在する（FAO、オランダ、英国、カナダ等）
- ・「ウェブ上で使用できる簡便なリスク管理意思決定支援ツール」の構築を目標とする。
- ・こうした手法でモデルを開発する目的は以下のとおりである。
 - －ユーザーが初期汚染濃度を共通のスタートポイントで入力できるようにすること。
 - －と体の中抜きや冷却処理（その他特定の処理段階）における想定上のさまざまな事態を検討できるようにすること。
 - －所定の対策に関するデフォルト値を表示できるようにすること。
 - －ユーザーが各自のデータや想定上の条件を入力した際に、そのデフォルト値がオーバーライドされるようにすること。
 - －当初想定した状況からみた相対リスクの低減幅のみを表示できるようにすること。
 - －各種対策の効果を比較あるいはランク付けできるようにすること。

6.1.1 現存するツールの実例

近年開発されたウェブベースの2種類のツールが電子討議グループに簡単に紹介された。

- ・食鳥処理場衛生管理状況評価ツール（食品基準庁〔FSA〕）
- ・*Cronobacter* 属による粉乳汚染に関するリスク評価ツール（FAO/WHO 合同微生物リスク評価専門家委員会）

6.1.1.1 食鳥処理場衛生管理状況評価ツール（食品基準庁〔FSA〕）

このツールは、養鶏場からと体冷却処理までの工程における *Salmonella* と *Campylobacter* 汚染防止対策を記録するために使用されるものと思われる。FSA が英国内の業界と協議しながら開発し、英国の監督下にある食鳥加工処理業者が自己監査用に使用する予定となっている。開発が進行中であるため、電子討議グループに紹介された見本はごく一部であった。このツールには、工程の段階別にいくつかの設問があり、ユーザーは実施可能な対策を選べる。設問は、学術文献で裏づけられた *Salmonella* や *Campylobacter* の汚染防止対策に基づいて作成されている。設問に回答するたびにスコアが提示される。このスコアは、汚染防止レベルを表している。1つのセクション内の一連の設問に回答していき、その回答から得られたスコアの総和に「段階別乗数」を乗じると、その段階でのリスクレベルを表す数値が提示される。このツールがオンライン化されれば、ウェブ上から各対策の効果を裏づける学術文献に直接リンクできるようになる。

6.1.1.2 *Cronobacter* 属による粉乳汚染に関するリスク評価ツール（FAO/WHO 合同微生物リスク評価専門家委員会）

オンライン形式のリスク評価ツールである。調製粉乳の調製・取り扱いに関する想定上のさまざまな条件と *Cronobacter* 属による粉乳汚染リスクとの関連性を明らかにし、乳児へ

の相対リスクを数値化する。このツールは、粉乳の調製・取り扱い方法とリスクとの関連性を詳しく検討できるだけでなく、粉乳中の *Cronobacter* 検査に向けたサンプリング計画の情報を入力すれば、その微生物学的基準とリスクとの関連性を調べることも可能である。なお、この基準を粉乳の調製・取り扱い方法と組み合わせた形でもリスクとの関連性を検討できる。

使用に際しては、濃度値、調製・取り扱いの状況、サンプリング計画の情報といったパラメーターを入力すると、想定上の状況に関する相対リスクを示すデータがリスク評価モデルによって作成される。

なお、このツールは www.mramodels.org/esak で一般に公開されている。

6.1.2 *Campylobacter* と *Salmonella* の汚染防止対策に向けたウェブベースツールの試作品

本会合では第 1 回の試作品が提示され、出席者はこれについて議論を交わした。この試作品には加工処理段階を表す複数のパターンがあり、汚染濃度と汚染率を入力したり、菌の繁殖や交差汚染といった状況の変化を確認したり、さらに対策のガイダンスを表示させたりするための選択肢が設定されている。

この試作品の主な特色は以下のとおりである。

- ・エンドユーザーにとって簡便なウェブベースのインターフェースになること。
- ・リスク管理モデル作成担当者にとって簡便なモデル開発ツールになること。

この試作品では、デフォルトデータも使用できる。このデフォルトデータは、CCFH 作業部会のガイドライン案や他の学術文献に基づいて作成されている。各自のデータを入力すると、デフォルトデータはオーバーライドされ、リスクに基づく対策のガイダンスが提示される。

試作品では、汚染濃度と汚染率は加工処理工程に応じて変動する仕組みになっている。現在のところ、脱羽作業からデータを入力できるように設定されているが、この点については、必要性が見出されれば改良されるものと思われる。最終汚染濃度に基づき、「対策を実施した場合の菌量」「対策を実施しない場合の菌量（ベースライン値）」の 2 種類が算出され、そのデータから菌量反応関係モデルが作成される。また、対策非実施時を基準とした場合の対策実施時のリスク減少幅、さらに加工処理段階別の平均汚染濃度と平均汚染率が算出される。いずれのデータもユーザーにフィードバックされる。

出席者からは、試作品の開発をさらに進めるうえでの検討事項として、以下のような案が出た。

- ・入力したデータをユーザー間で比較検討できるようにするため、ユーザーのサンプリン

グ方法や微生物検査方法を画一化しておき、その方法で入力データを確定するよう勧める。

- ・ツールを加工処理工程前の段階（食鳥処理前等）から使用できるようにし、リスク管理方法の選択肢を広げる。

- ・消費者による鶏肉の取扱状況（調理、交差汚染等）も対象範囲に含める。
- ・複数の対策を併用した場合の相互作用（相乗効果、効果の打ち消し、効果の減弱）について検討できるようにする。
- ・交差汚染について検討できるようにする。
- ・複数の鶏群について検討できるようにする（鶏群間の交差汚染等）。
- ・1つの鶏群内だと体の大きさにバラツキが出るような事例についても顧慮する。
- ・さまざまな湯漬処理方法を使用した場合について検討できるようにする。
- ・さまざまな形態の鶏肉（解体品等）について検討できるようにする。

一方、出席者からは以下のような疑問や懸念材料が提示された。

- ・モデルの開発に際してどのようなユーザーを意識しているのか。ユーザーとなるのは業界関係者、所管当局、あるいはリスク管理担当者か。また、どのような用途が意図されているのか。
- ・モデルへのデータ入力に際し、ユーザーに対してどのような設問が用意されているのか。
- ・モデルに入力すべきデータがない場合（*Salmonella* の汚染濃度に関するデータ等）、ツールは使用できないのか。
- ・モデルの妥当性はどのような方法で検証されるのか。
- ・ツール構築の材料となるコンセンサスモデルは現存しない。
- ・ツールの内容は、新たな情報が入るたびに更新されるのか。
- ・加工工場で使用される機械や実践されている GHP は各所でまちまちである。したがって、加工工場を1つにモデル化することには無理がある。
- ・*Campylobacter* の問題は *Cronobacter* 属に比べるとはるかに錯綜している。したがって、*Campylobacter* に関するモデルはいつそう複雑になることが予想される。
- ・このモデルを使って国家間のデータを比較することは可能なのか。
- ・菌の血清型にはさまざまな種類があるので、場合によっては多種類の菌量反応関係モデルの作成が求められる。

上記の疑問や懸念材料の一部は、以下のようなツールの仕組みで解決できる。

- ・ツールにはデフォルトデータが設定されるので、ユーザーが各自のデータを入力しない状態でも使用できる。デフォルトデータは、きわめて質の高い有用情報に依拠している。
- ・*Salmonella* に関する菌量反応関係モデルについては、血清型を問わず同一のモデルを使用できる。*Salmonella* に関する菌量反応関係モデルには、血清型による統計学的な違いはない。
- ・相対リスクを検討する場合には、菌量反応関係のデータへの影響はほとんどない。

- ・モデルは、想定上のさまざまな状況を比較できるように設計される予定である。このモデルを使用する国では、各国固有の条件下（気候等）で収集したデータを追加入力できる。
- ・ツールの内容は、新たな情報が得られるたびに更新できる。また、モデルも必要に応じて調整可能である。

6.2 ツール試作品の開発に関する討議から導き出された結論の適切性

出席者の間では、ツール試作品が実用可能であるという点、また今後も試作品の開発を続ける必要があるという点で見解が一致した。その論拠は以下のとおりである。

- ・このようなタイプのリスク管理ツールは必要である。
- ・所管当局、業界関係者のどちらにとっても有用であるものと思われる。また、発展途上国でも利用価値はあろう。所管当局と業界関係者がこのツールに同時期に慣熟すれば、このツールの使用を通じて、リスク管理をテーマとした議論の機会を増やしていくことが可能となる。
- ・ターゲット市場または市場の需要があり、実践可能なリスク対策を探索している国にとっては有用なツールになる。
- ・世界共通の枠組みを構築することで、貿易状況の把握に役立つ可能性を秘めている。
- ・リスク対策の効果をランク付けできる。
- ・複数の対策による複合効果を検討できる。
- ・あくまでも科学的知見、前提条件、さらに専門家の見解に基づく簡易モデルであり、完璧なモデルではない。しかし、リスク管理の意思決定を支援するうえではきわめて有用である。1つの国であらゆるリスク対策を実験的に行うことは不可能であるため、このモデルは各種対策を検討する際に役立つ。
- ・このモデルには、加工処理工程やリスク対策に関する最良の共通認識が反映される。

今後の予定として、

- ・ツール試作品を JEMRA から CCFH 作業部会に引き渡す。
- ・試作品の現在版については、データをと殺時から入力できるように改良する。これにより、ツールはコーデックスガイドライン案で扱われている加工処理工程全般を網羅することになる。「CCFH 作業部会のガイドライン案に記載され、出席者からの合意が得られているハザードに基づく汚染防止対策」と「このモデルに対応しているハザードに基づく汚染対策」との間で、それぞれの対策による相対リスク低減効果を比較検討できるようにする。
- ・リスク管理モデル作成担当者が勘案すべき事項は以下のとおりである。
 - －各加工処理段階で微生物学的効果（交差汚染、繁殖、不活化等）に関するモデルをどのようにして作成するか。
 - －複数の対策を実施した場合の相乗効果、効果の打ち消し、効果の減弱に関するモデル

をどのようにして作成するか。

—汚染率のデータのみで *Salmonella* に関する有用なモデルを作成できるのか。

・試作品では、と体の初期汚染濃度（1 と体あたりの log cfu）、鶏群間の汚染率、さらに鶏群内の汚染率に関するデータを入力しなければならない。モデル作成担当者は、「その入力データをサンプルデータから選んで決定する」という点について教示していないものと思われる。

・試作品には、モデルを評価しやすくするため、微生物学的効果（log 単位での汚染濃度の低下幅、湯漬作業中の交差汚染等）に関する推定上のデフォルト値を設定しておく。

・ハザードに基づく汚染防止対策の範疇に現段階で含まれていない他の方策に関する検討や、ベースライン値に関する科学的データの検討は、必ず当該分野の専門家が担当し、モデル作成担当者にその責任を負わさないよう配慮すべきである。

・モデルの開発に際しては、リスク管理担当者と協力すること、さらにピアレビューを行うことが求められる。

7 CCFH から提起された検討事項の概要

本章では、「*Salmonella* および *Campylobacter* による鶏肉汚染に関する特別委員会」で CCFH から FAO と WHO に提起された検討事項について概説する。なお、いずれの事項も本会合の出席者から合意を得ている。

汚染防止対策に関する有用な科学的情報の第三者的評価およびレビュー

・関連文献のレビュー内容は第 3 章で示したとおりである。この文献は、本会合の前にデータの提示が要求されたことを受けて収集したもので、本稿ではきわめて大きな意義を有している。さらに、出席者から提示されたその他の文献も併用した。

汚染率および汚染濃度の点からみたハザード低減に関する定量的検討（特別対策）

・出席者は、コーデックスガイドライン案に示された対策を検討し、これに関するコメントを出した。第 4 章では、データが入手可能であった対策を追加している。こうした対策については、単独で実践できるものと判断するのは禁物であり、またそのすべてが *Salmonella* と *Campylobacter* の両方の対策として有効なわけではない。

一次生産工程

・出席者は、全生産工程のうち「一次生産工程」の部で取り上げた汚染防止対策について、GHP の一部に相当するものとみなした。これ以外の追加対策については、その効果がまだ定量化されていないため、出席者は対策による影響を今後調査していく必要性を強調した。

追加対策

- ・衛生動物・害虫防除対策
- ・飲用水の処理
- ・鶏卵の殺菌消毒
- ・バイオセキュリティ対策
- ・*Salmonella* 陽性鶏群の淘汰
- ・飼料の加熱処理
- ・ワクチン接種
- ・プロバイオティック
- ・CE 法
- ・飼料添加剤、飲用水添加剤
- ・バクテリオシン
- ・バクテリオファージ
- ・空気の陰イオン化

- ・ 種卵への UV 照射
- ・ 計画的と殺

加工処理工程

以下の事項については、追加対策として CCFH 作業部会のガイドラインに追加するよう提案された。

- ・ OLR における ASC の使用
- ・ エアチラー（と体の温度を下げる方法として）*
- ・ エアチラーによる強制冷却（送風冷却）*
- ・ 表面冷凍
- ・ 冷蔵保存時での高濃度酸素の使用

注意：*と体を乾燥させるので *Campylobacter* による汚染リスクの低減には有効であるが、*Salmonella* には無効。

流通、調理

- ・ 本会合では、ハザード低減に向けた追加対策は提示されなかったが、出席者からは「加熱処理や家庭での調理による効果を確認するため、今後さらに研究を重ねる余地はある」との意見が出た。
- ・ 法律の違いにより、対策によっては全地域で実践できないものもあろう。この点については、付録に記載されている「水洗と化学処理剤の使用」に関する内容を参照のこと。

「消費市場におけるハザード低減効果」という観点からみた、対策から期待できる成果に関する検討

- ・ 特定の対策による成果については、その科学的妥当性や汚染濃度と汚染率への定量的効果という観点から説明した。また第 5 章でも言及した。

「ウェブベースのリスク管理意思決定支援ツール」を開発できる公算に関する評価

- ・ 出席者は、このツールについて実用可能と判断した。出席者サブグループは、ツール開発者に向けてモデルのデメリットやモデル化に関する助言をまとめ、さらに試作品の開発について議論した。出席者から合意を得た内容については第 6 章にまとめた。出席者サブグループは、開発者と協力しながらウェブベースのツール試作品を製作し、これを次回の CCFH 会合で発表する予定である。

ウェブベースのリスク管理意思決定支援ツールに必要な枠組みの構築とデータの特定

- ・ 本会合に先立ち、出席者サブグループは、JEMRA 事務局が立ち上げた電子討議フォーラムへの参加を要請された。このフォーラムでは、ツールの実現可能性、メリット、デメリ

ットに関する議論が本会合の前に交わされた。サブグループは、本会合の際にも開発の条件について検討を重ね、試作品について実用可能であるものと判断し、その後もツールとモデルの開発に引き続き協力した。電子討議フォーラムは、コミュニケーション手段のひとつとして今後も使用するが、電子メールも併用する予定である。試作品ツールの開発に必要なデータについては4.4項にまとめた。

8. Reference

- Allen, V.M., Corry, J.E.L., Burton, C.H., Whyte, R.T. & Mead, G.C. 2000a. Hygiene aspects of modern poultry chilling. *International Journal of Food Microbiology*, 58: 39–48.
- Allen, V.M., Burton, C.H., Corry, J.E.L., Mead, G.C. & Tinker, D.B. 2000b. Investigation of hygiene aspects during air chilling of poultry carcasses using a model rig. *British Poultry Science*, 41: 575–583
- Allen, V.M., Bull, S.A., Corry, J.E. L., Domingue, G., Jorgensen, F., Frost, J.A. & Whyte, R. 2007. *International Journal of Food Microbiology*, 113(1): 54–61.
- Amass, S.F., Vyverberg, B.D., Ragland, D., Dowell, C.A., Anderson, C.D., Stover J.H. & Beaudry, D.J. 2000. Evaluating the efficacy of boot baths in biosecurity protocols. *Swine Health and Production*, 8(4): 169–173.
- Anon[ymous]. 2005. Scientific assessment of the public health and safety of poultry meat in Australia. Food Standards Australia New Zealand, November 2005. 283 p. Available at http://www.foodstandards.govt.nz/_srcfiles/P282_Poultry%20_%20DAR%20Attach3.pdf (accessed 6 July 2009)
- Atterbury, R.J., Van Bergen, M.A.P., Ortiz, F., Lovell, M.A., Harris, J.A., De Boer, A., Wagenaar, J.A., Allen, V.M. & Barrow, P.A. 2007. Bacteriophage therapy to reduce *Salmonella* colonisation of broiler chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 4543–4549.
- Bergsma, N.J., Fischer, A.R.H., van Asselt, E.D., Zwietering, M.H. and de Jong, A.E.I. 2007. Consumer food preparation and its implication for survival of *Campylobacter jejuni* on chicken. *British Food Journal*, 109(7): 548–561.
- Blankenship, L.C., Bailey, J.S., Cox, N.A., Musgrove, M.T., Berrang, M.E., Wilson, R.L., Rose, M.J. & Dua, S.K. 1993. Broiler carcass reprocessing, a further evaluation. *Journal of Food Protection*, 56(11): 983–985.
- Boysen, L. & Rosenquist, H. 2009. Reduction of thermotolerant *Campylobacter* species on broiler carcasses following physical decontamination at slaughter. *Journal of Food Protection*, 72: 497–502.
- Boysen, L, Knøchel, S. & Rosenquist, H. 2007. Survival of *Campylobacter jejuni* in different gas mixtures. *FEMS Microbiology Letters*, 266: 152–157.
- CAC [Codex Alimentarius Commission]. 2005. Code of Hygienic Practice for Meat. Doc. CAC/RCP 58-2005. Available through http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.do?lang=en (Accessed 7

July 2009)

CAC, 2008. International Code of Practice for the Processing and Handling of Quick Frozen Foods. CAC/RCP 8-1976, Rev. 2-2008.

Callicott, K.A., Fridriksdottir, V., Reiersen, J., Lowman, R., Bisailon, J.R., Gunnarsson, E., Berndtson, E., Hiett, K.L., Needleman, D.S. & Stern, N.J. 2006. Lack of evidence for vertical transmission of *Campylobacter* spp. in chickens. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(9): 5794–5798.

Cason, JA and Hinton Jr., A. 2006. Coliforms, *Escherichia coli*, *Campylobacter* and *Salmonella* in a counterflow poultry scalding tank with a dip tank. *International Journal of Poultry Science*. 5(9). 846-849.

Corry, J.E., James, C., O'Neill, D., Yaman, H. & Kendall, A. 2003. Physical methods, readily adapted to existing commercial processing plants, for reducing numbers of campylobacters on raw poultry. *International Journal of Medical Microbiology*, 293: S32.

Davies, R.H. & Hinton, M.H. 2000. *Salmonella* in animal feed. pp. 285–300, in: C. Wrey and A. Wrey (editors). *Salmonella in Domestic Animals*. CABI Publishing, New York, USA.

Davies, R H. 2005. Pathogen populations on poultry farms. pp. 101–152, in: G.C. Mead (editor). *Food Safety Control in the Poultry Industry*. Woodhead Publishing, Cambridge, UK.

Dibner, J.J. & Buttin, P. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(4): 453–463.

Dreyfuss, M.S., Ransom, G.M., Russell, M.D., Barlow, K.E., Pritchard, K.M., Eblen, D.R., Nadan, C.A., Saini, P.K., Antoine, N.D.O., Rose, B & Zirnstein, G.W. Pathogen control in meat and poultry production: Implementing the USDA's Food Safety and Inspection Services Hazard Analysis and Critical Control Point system. In 'S. Simjee ed. *Infectious disease: Foodborne diseases* pp 383 – 404. USA, Humana Press Inc.540pp.

EFSA [European Food Safety Authority]. 2009. The Community summary report on trends and sources of zoonoses and zoonotic agents in the European Union in 2007. *The EFSA Journal* (2009), 223. Available at http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1211902269834.htm (Accessed 7 July 2009)

Eriksson, C.L., De Rezende, C.L.E., Mallinson, E.T., Tablante, N.L., Morales, R., Park, A., Carr, L.E. & Joseph, S.W. 2001. Effect of dry litter and airflow in reducing *Salmonella* and *Escherichia coli* populations in the broiler production environment. *Journal of Applied Poultry Research*, 10(3): 245–251.

FAO. 2003. Risk assessment of *Campylobacter* spp. in broiler chickens and *Vibrio* spp. in seafood. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Bangkok, Thailand, 5–9 August 2002. *FAO Food and Nutrition Paper*, no. 75.

FAO/WHO. 2002. Risk assessments of *Salmonella* in eggs and broiler chickens. *Microbiological Risk Assessment Series* No. 2. Geneva. 302pp.

FAO/WHO. 2008. Executive summary of the Joint FAO/WHO Expert meeting on the benefits and risks

of the use of chlorine-containing disinfectants in food production and food processing. Ann Arbor, USA, 27–30 May 2008. Available at: www.fao.org/ag/agn/agns/files/executive_summary_Active_chlorine.pdf

FAO/WHO. 2009. Risk assessment of *Campylobacter* spp. in broiler chickens: Technical Report. *Microbiological Risk Assessment Series* No. 12. Geneva. 132pp.

Goren, E. 1993. Termination of *Salmonella enteridis* shedding and carriage by treatment with enrofloxacin followed by application of intestinal microflora. pp. 72–73, in: Proceedings of the 42nd Western Poultry Diseases Conference, Sacramento, California, USA, 1993.

Hald, B., Sommer, H.M. & Skovgard, H. 2007. Use of fly screens to reduce *Campylobacter* spp. introduction in broiler houses. *Emerging Infectious Disease*, 13(12): 1951–1954.

Hinton Jr., A, Cason, J.A., Hume, M.E., & Ingram, K.D. 2004a. Use of MIDI-fatty acid methyl ester analysis to monitor the transmission of *Campylobacter* during commercial poultry processing. *Journal of Food Protection*. 67(8): 1610- 1616.

Hinton Jr., A, Cason, J.A., Hume, M.E., & Ingram, K.D. 2004b. Spread of *Campylobacter* spp. during poultry processing in different seasons. *International Journal of Poultry Science*. 3(7): 432-437.

Hutchison, M.L., Gittins, J., Sparks, A.W., Humphrey, T.J., Burton, C. & Moore, A. 2004. An assessment of the microbiological risks involved with egg washing under commercial conditions. *Food Protection*, 67: 4–11.

ICMSF [International Commission on Microbiological Specifications for Foods]. 1996. Microorganisms in Foods 5: Characteristics of Microbial Pathogens. Springer.

Ingham, S.C., Losinski, J.A., Becker, K.L. & Buege, D.R. 2004. Growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* serovars on raw beef, pork, chicken, bratwurst and cured corned beef: Implications for HACCP plan critical limits. *Journal of Food Safety*, 24: 246–256.

Jacobs-Reitsma, W.F., Bolder, N. & Mulder, R.W. 1994. Cecal carriage of *Campylobacter* and *Salmonella* in Dutch broiler flocks at slaughter: a one-year study. *Poultry Science*, 73: 1260–1266.

Kapperud, G., Skjerve, E., Vik, L., Hauge, K., Lysaker, A., Aalmen, I., Ostroff, S.M. & Potter, M. 1993. Epidemiological investigation of risk factors for *Campylobacter* colonization in Norwegian broiler flocks. *Epidemiology and Infection*, 111(2): 245–255.

Kemp, G.K., Aldrich, M.L., Guerra, M.L. & Schneider, K.R. 2001. Continuous online processing of faecal- and ingesta-contaminated poultry carcasses using an acidified sodium chlorite antimicrobial intervention. *Journal of Food Protection*, 64: 807–812.

Lillard, H.S. 1980. Effect on broiler carcasses and water of treating chiller water with chlorine and chlorine dioxide. *Poultry Science*, 59: 1761–1766.

Lillard, H.S. 1989. Incidence and recovery of salmonellae and other bacteria from commercially processed poultry carcasses at selected pre-evisceration and post-evisceration steps. *Journal of Food protection*, 52: 88–91.

- Lillard, H.S. 1990. The impact of commercial processing procedures on the bacterial contamination and cross-contamination of broiler carcasses. *Journal of Food Protection*, 53(3): 202–204.
- Luber, P., Brynestad, S., Topsch, D., Scherer, K. & Bartelt, E. 2006. Quantification of *Campylobacter* species cross-contamination during handling of contaminated fresh chicken parts in kitchens. *Applied and Environmental Microbiology*, 72: 66–70.
- Mead, G.C., Allen, V.M., Burton, C.H. & Corry, J.E.L. 2000. Microbial cross-contamination during airchilling of poultry. *British Poultry Science*, 41: 158–162.
- Maijala, R., Ranta, J., Seuna, E. & Peltola, J. 2005. The efficiency of the Finnish *Salmonella* Control Programme. *Food Control*, 16: 669–675.
- NACMCF [National Advisory Committee on Microbiological Criteria for Foods]. 2007. Analytical utility of *Campylobacter* methodologies. *Journal of Food Protection*, 70(1) 241–250.
- Nadeau, E., Messier, S. & Quessy, S. 2002. Prevalence and comparison of genetic profiles of *Campylobacter* strains isolated from poultry and sporadic cases of campylobacteriosis in humans. *Journal of Food Protection*, 65(11): 73–78.
- Nauta, M.J., Fischer, A.R.H., Van Asselt, E.D., De Jong, A.E.I., Frewer, L.J. & De Jonge, R. 2008. Food safety in the domestic environment: the effect of consumer risk information on human disease risks. *Risk Analysis*, 28: 179–192.
- Nauta, M.J., Hill, A., Rosenquist, H., Brynestad, S., Fetsch, A., VanderLogt, P., Fazil, A., Christensen, B.B., Katsma, E., Borck, B. & Havelaar, A.H. 2009. A comparison of risk assessments on *Campylobacter* in broiler meat. *International Journal of Food Microbiology*, 129: 107–123.
- Newell, D.G. & Davison, H.C. 2003. *Campylobacter* - control and prevention. Chapter 22, in: M.E. Torrence and R.E. Isaacson (editors). *Microbial Food Safety in Animal Agriculture: Current Topics*. Wiley-Blackwell Publ. 470 p.
- Northcutt J, Savage, S.I. & Vest, L.R. 1997. Relationship between feed withdrawal and viscera condition of broilers. *Poultry Science*, 76: 410–414.
- Oyarzabal, O.A., Hawk, C., Bilgili, S.F., Warf, C.C. & Kemp, G.K. 2004. Effects of postchill application of acidified sodium chlorite to control *Campylobacter* spp. and *Escherichia coli* on commercial broiler carcasses. *Journal of Food Protection*, 67(10): 2288–2291.
- Reynolds, D.J., Davies, R.H., Richards, M. & Wray, C. 1997. Evaluation of combined antibiotic and competitive exclusion treatment in broiler breeder flocks infected with *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Avian Pathology*, 26: 83–95.
- Ridley, A.M., Allen, V.M., Sharma, M., Harris, J.A. & Newell, D.G. 2008. Real-time PCR approach for detection of environmental sources of *Campylobacter* strains colonizing broiler flocks. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(8): 2492–2504.
- Rosenquist, H., Nielsen, N.L., Sommer, H.M., Nørrung, B. & Christensen, B.B. 2003. Quantitative risk

- assessment of human campylobacteriosis associated with thermophilic *Campylobacter* species in chicken. *International Journal of Food Microbiology*, 83: 87–103.
- Rosenquist, H., Sommer, H.M., Nielsen, N.L., Nørrung, B. & Christensen, B.B. 2006. The effect of slaughter operations on the contamination of chicken carcasses with thermotolerant *Campylobacter*. *International Journal of Food Microbiology*, 108(2): 226–232.
- Rosenquist, H., Boysen, L., Galliano, C., Nordentoft, S., Ethelberg, S. & Borck, B. [2009]. Danish strategies to control *Campylobacter* in broilers and broiler meat: facts and effects. *Epidemiology and Infection* (in press).
- Saeed, A.M., Gast, R.K., Potter, M.E. & Wall, P.G. 1999. Contamination of eggs and poultry meat. pp. 184–187, in: *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in Humans and Animals – Epidemiology, Pathogenesis, and Control. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Smart, S. 2009. Which chlorine monitoring method is most effective? Edstrom Industries, Waterford, USA. Available online: http://www.edstrom.com/DocLib/Chlorine_Monitoring.pdf
- Smith, H. W. & Tucker, J.F. 1975. The effect of antibiotic therapy on the fecal excretion of *Salmonella typhimurium* by experimentally infected chickens. *Journal of Hygiene*, 75: 275–292.
- Stern, N.J., Clavero, M.R., Bailey, J.S., Cox, N.A. & Robach, M.C. 1995. *Campylobacter* spp. in broilers on the farm and after transport. *Poultry Science*, 74: 937–941.
- Stopforth, J.D., O'Connor, R., Lopes, M., Kottapalli, B., Hill, W.E. & Sampadpour, M. 2007. Validation of individual and multiple-sequential interventions for reduction of microbial populations during processing of poultry carcasses and parts. *Journal of Food Protection*, 70(6): 1393–1401.
- USDA-FSIS [United States Department of Agriculture - Food Safety and Inspection Service]. 2003. NACMCF response to USDA/FSIS request for guidance on baseline study design and evaluations for raw ground beef components. Submitted with Technical Corrections and Edits. 30 September 30 2003. Available online http://www.fsis.usda.gov/OPHS/NACMCF/2003/gb_base.pdf (Accessed 5 July 2009)
- USDA-FSIS. 2008. Compliance guidelines for controlling *Salmonella* and *Campylobacter* in poultry. 2nd edition. Available at http://www.fsis.usda.gov/PDF/Compliance_Guideline_Controlling_Salmonella_Poultry.pdf (Accessed 26 October 2009).
- Van der Fels-Klerx, H.J., Jakobs-Reitsma, W.F., Van Brakel, R., Van der Voet, H. & Van Asselt, E.D. 2008. Prevalence of *Salmonella* in the broiler supply chain in the Netherlands. *Journal of Food Protection*, 71(10): 1974–1980.
- Wabeck, C.J. 1972. Feed and water withdrawal time relationship to processing yield and fecal contamination in broilers. *Poultry Science*, 51: 1119–1121.
- Wabeck, C.J. 1992. Feed withdrawal guidelines. *Broiler Industry*. 55(1): 64–67.
- Warriss, P.D., Wilkins, L.J., Brown, S.N., Philips, A.J. & Allen, V.M. 2004. Defaecation and weight of the gastrointestinal tract contents after feed and water withdrawal in broilers. *British Poultry Science*,

45(1): 61–66.

Wegener, H.C., Hald, T., Wong, D.L., Madsen, M., Korsgaard, H., Bager, F., Gerner-Smidt, P. & Mølbak, K. 2003. Salmonella control programs in Denmark. *Emerging Infectious Diseases*, 9(7): 774–780.

Wigley, P., Hulme, S., Rothwell, L., Bumstead, N., Kaiser, P. & Barrow, P. 2006. *In vivo* and *in vitro* studies of genetic resistance to systemic Salmonellosis in the chicken encoded by the SAL1 locus. *Microbes and Infection*, 4(11): 1111–1120.

Williams, J.E. & Dillard, L.H. 1973. The effect of external shell treatments on *Salmonella* penetration of chicken eggs. *Poultry Science*, 52: 1084–1089.

(原文 P. 45～)

付 録

今回の特別委員会では、出席者からのコメントや関連資料に加え、「食品の生産工程および加工処理工程における塩素系消毒薬の使用に伴う有益性とリスクに関する FAO/WHO 合同専門家協議」（2008 年 5 月 27～30 日に米国アナーバーにて開催）の原案も検討材料として使用した。以下では、本会合の議論から導き出された結論のうち、特に塩素系消毒薬の使用に関する話し合いから得られた情報について説明する。

1 FAO/WHO 合同専門家協議のテーマ「塩素の使用」に関する検討

と体洗浄時における次亜塩素酸塩の意義

Stopforth ら（2007 年）による実地研究、さらに Villarreal、Baker および Regenstein（1990 年）による実地研究では、次亜塩素酸塩を用いた洗浄が *Salmonella* によると体汚染率を低下させるうえで有効であることが実証されている。その一方で、と体表面の *Salmonella* が水洗だけでほぼ除去できることを明らかにした研究も存在する（Northcutt ら [2005 年]、Yang、Li および Johnson [2001 年]）。したがって、「次亜塩素酸塩が業界レベルでのと体洗浄時に *Salmonella* を除去するうえで有効であるかどうか」という点を上記の研究結果に基づいて決定づけることは不可能である。おそらく、水洗による *Salmonella* 汚染防止効果は中等度であり、次亜塩素酸塩による付加的効果はあまり期待できないであろう。

研究室レベルの実験では、と体表面の *Campylobacter* の減少幅として 2 log₁₀ 未満という数字が出ているが、これは洗浄時間を最大 30 分延長した場合に限られている。実地レベルに近い別の実験では、非洗浄時と比較した場合の *Campylobacter* の減少幅は 1 log₁₀ 未満であった。ただし、次亜塩素酸塩でと体を洗浄した場合の *Campylobacter* 除去効果が水洗による効果を上回るという結果は得られていない（Northcutt ら、2005 年）。こうした点からみて、水洗による *Salmonella* 汚染防止効果は中等度であり、次亜塩素酸塩による付加的効果はあまり期待できないであろう。

要 旨

業界規模の物理的な洗浄作業で細菌が鶏と体から除去される要因は、主に水の物理的作用であり、水に添加した塩素の働きではない。

2 と体冷却処理時における次亜塩素酸塩の意義

と体の浸漬冷却処理が認められている国では、次亜塩素酸塩は食鳥加工処理工程で日常的に使用されている。この場合、次亜塩素酸塩は加工処理工程での細菌繁殖を防ぐ目的で

チラー水に添加される。

「冷却処理の前後でみたと体表面の *Salmonella* 菌数」を検討材料とした研究はほとんど存在しない。Russel と Axitall (2005 年) は、「チラー槽内でと体を物理的に動かした場合の *Salmonella* の 1 と体あたり減少幅は、チラー槽に次亜塩素酸塩を添加した場合よりも大きい」と報告しているが、その一方で「チラー水に塩素を添加しなければ、*Salmonella* によると体汚染率は交差汚染に伴い上昇する」という点も研究全般で明らかにされている。Lillard の研究 (1980 年) でも、塩素を添加したチラー水 (20ppm) の *Salmonella* 汚染率は 41.7% (塩素非添加時) から 17.3% に低下し、同じく 34ppm では「検出せず」のレベルにまで低下したことが証明された。Yang、Li および Johnson (2001 年) や Stopforth ら (2007 年) の研究でも、塩素がと体表面ではなくチラー水の *Salmonella* を死滅させるうえで有効であることが実証されている。

チラー水に塩素を添加することによる *Campylobacter* 除去効果は *Salmonella* よりも高いものと思われるが、この点に関する研究結果はさまざまである。チラー水に塩素を添加した場合、*Campylobacter* によると体汚染率の低下幅やと体表面に付着している菌数の減少幅は小さい。Bashor らが 2004 年に実施した研究によれば、25ppm の塩素をチラー水に添加したところ、*Campylobacter* は 1 と体あたり 0.13 \log_{10} 減少し、*Campylobacter* 陽性と体の発生率は 80% (水洗後) から 73.3% (冷却後) に低下したという。これよりも塩素濃度の高い (35ppm) チラー槽を使用している加工工場での試験では、*Campylobacter* は冷却後に 1 と体あたり 0.25 \log_{10} cfu 減少し、*Campylobacter* 陽性と体の発生率は 80% (水洗後) から 70% (冷却後) に低下した。

別の実地試験の場合、非人為的に *Campylobacter* で汚染させたと体を、塩素を添加したチラー槽で冷却処理した結果、第 1 回の実験では *Campylobacter* が 1 と体あたり 1.09 \log_{10} cfu 減少し (統計学的に有意)、第 2 回の実験では *Campylobacter* が 1 と体あたり 1.3 \log_{10} cfu 減少した (統計学的に有意)。*Campylobacter* によると体汚染率については、第 1 回の実験では変動がなかったものの、第 2 回の実験では 95% から 77.5% に低下した (Oyarzabal ら、2004 年)。ただし、塩素を添加していないチラー槽を対照においた実験は行われていない。

「塩素を添加したチラー水による、鶏皮に接種した *Campylobacter jejuni* の不活化効果」をテーマとした研究が実施されている (Yang、Li および Johnson、2001 年)。塩素濃度を 50ppm に設定したチラー水 (残留塩素として 20~30ppm) でこの鶏皮を冷却処理したところ、*Campylobacter* の不活性化率を示す D 値は 73 分であった。一方、「塩素濃度を当初 50ppm に設定したが、遊離残留塩素濃度が時間経過とともに 0 付近となり、*Campylobacter* が繁殖したチラー水」で鶏皮を冷却処理したところ、D 値は 344.8 分であった。同様の所見は *Salmonella* に関する研究でも認められており、チラー水の残留塩素濃度を加工処理工程にわたり維持する必要性が裏づけられている。Yang、Li および Johnson (2001 年) は、塩素を添加したチラー水が *Campylobacter* を死滅させるうえで有効であることを明らかにしているが、汚染率への効果については検討していない。

要 旨

チラー槽に添加する塩素には、汚染と体に直接作用する消毒薬としての意義はないものと考えられる。しかし、水自体の洗浄作用に加え、チラー槽に塩素を添加して遊離残留塩素濃度を十分に維持すれば、病原菌の不活化や洗浄、さらに病原菌のと体への再付着や交差汚染防止といった点で有効であろう。

References

(原文 P. 48～)

3 出席者サブグループによる「塩素の使用」に関する議論の要約

出席者サブグループは、「*Campylobacter* 属および *Salmonella* 属による鶏肉の汚染防止対策に関するガイドライン案」(9.7.1.2 項)に記載されている「と体の浸漬冷却は行うべきである。塩素濃度は 50～70ppm、遊離塩素濃度は 0.4～5.0ppm、pH は 6.0～6.5 にそれぞれ維持する」という文言について科学的見地から議論を交わした。その内容を以下に記述する。

と体の浸漬冷却については、衛生管理を適切に行えば、交差汚染リスクを抑えたり病原体を減少させたりするうえで有効であるものと考えられている。しかし、出席者サブグループの間では「チラー槽の菌が減少する要因として、水自体の作用(と体表面に付着している細菌が剥離しやすくなったこと)、あるいは添加した塩素の作用(殺菌作用によって、と体への細菌の再付着または交差汚染のリスクが低減したこと)を裏づける科学的エビデンスは存在するのか」という点をめぐって科学的議論が展開した。

「食品の生産工程および(調理の)加工処理工程における塩素系消毒薬の使用に伴う有益性とリスクに関する FAO/WHO 合同専門家協議」原案は、塩素がと体の浸漬冷却にとってきわめて有効であるという点を支持している。ただし、その効果の程度は厳密な冷却条件によって左右されるものと考えられる¹⁶。

「塩素には細菌減少効果がある」という説に関する科学的エビデンスは次のとおりである。塩素は殺菌作用を有し、強力な酸化剤として機能する。塩素が細菌と接触すると、菌細胞の随所に損傷が生じる。塩素の効果が最大限に発揮されるのは、殺菌に最も有効な遊離型の塩素が十分に残留しているときである。しかし、塩素は有機体と反応しやすいことから、特に浸漬処理のような作業時には高濃度の結合塩素が一部で生じることもある。ブロイラー鶏の加工処理時には大量の有機体がチラー槽に入ってくるため、塩素をチラー槽に持続的に添加しながら十分量の遊離塩素を確保することが必要となる。遊離塩素が化学反応によって産生されるためには、pH7.0 未満の環境が適している。溶液の pH が 7.0 未満に下がると、既に有機的結合が生じていない限り、遊離塩素の産生は亢進する。塩素濃度を上昇させる方法でも、化学反応で遊離塩素の産生を促すことは可能である。会合出席者は、「浸漬冷却時に結合塩素だけでなく十分量の遊離塩素が温存され、かつ pH が適正レベルに維持されるのであれば、塩素は *Salmonella* と *Campylobacter* の両方を不活化させる殺菌剤として最適な物質である」という科学的見解を示した。ただし、不活化する細胞の数や不活化速度は、遊離塩素量、塩素と細菌の接触時間、チラー水の温度といった複数の因子によって左右される。また、他にも未解明の因子が存在するものと思われる。

なお、ここでは「食品の生産工程および(調理の)加工処理工程における塩素系消毒薬の使用に伴う有益性とリスクに関する FAO/WHO 合同専門家協議」原案を裏づけ用の参考資料として使用した。