

総説

## 食中毒に学ぶ細菌学 — 食の安全・安心につなげる獣医臨床のために —

大澤 朗

神戸大学大学院農学研究科食の安全安心科学センター

〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台1-1

Tel & Fax: 078-803-5804

E-mail: tamie@opal.kobe-u.ac.jp

### 【要約】

食の安全に関して国民が心配していることは感染性微生物、遺伝子組み換え因子、そして有毒な化学物質が食品を汚染することである。この中で我が国において特に細菌に汚染された牛肉、豚肉、鶏肉を原因とする食中毒が頻繁に起きている。この背景には、(1) 農畜産物・加工食品等の海外依存、(2) 調理、加工現場のセントラルキッチン化、(3) 流通消費経路の広域、複雑、そして「暗黒」化、(4) 生食嗜好の「食文化」、(5) 食品等の細菌汚染を検知するための「公定法」の過信、(6) フードチェーンにおける「農場区」の乖離といった要因がある。このような状況に鑑み、今我々に必要なのは畜産物および加工品の病原細菌の汚染をより効率的に行えるような戦略と技術の開発と、獣医臨床のみならず普く畜産に携わる人々に「健康な家畜が保菌する細菌の中にはヒトに重篤な食中毒をもたらすものがある」という根源的事実を再認識することである。

**キーワード:** 農場から食卓まで、食中毒、腸管出血性大腸菌、カンピロバクター、HACCP

### 【はじめに】

2001年11月、ブリュッセルにて開催されたヨーロッパ農水産業会議で農業・漁業担当委員のフランツ・フィシュラー博士は以下のごとく提言している [1]。

「食料の鎖 (Food Chain) は非常に壊れやすい繊細な繋がりで、それゆえに私たちは農業と食品について総合的なアプローチを選択せざるを得ないのです。すなわち納屋から食卓 (From Stable to Table) まで、あるいは農場からフォーク (From Farm to Fork) までを網羅する総合的なアプローチです。農業と食料に関する政策は互いに切り離して考えられないことである。これからの農業はその供給性ではなく

需要性に重きを置き、消費者たちの期待にかなうものでなくてはならないのです。」

農畜水産物はその生産性(安い)、品質(旨い)、そして安全性(病気になる)の3要件がバランス良く満たされてはじめて巷で流通、消費される食品となる。狂牛病が種の壁を越えて人へ伝播することが明白となった当時のヨーロッパにおいて、フィシュラー博士が指す「消費者たちの期待」とは食の安全に向けられた期待に他ならない。

我が国においても、過去20年ほどの間に、安全性がないがしろにされて「食」に対する国民の信頼を大きく揺さぶるような事件が頻繁に起きている。主たるものとして1996年の腸管出血性大腸菌O157大流行、2000年の黄色ブドウ球菌腸管毒の牛乳汚染による集団事例、2005年の変異型クロイツフェルト・ヤコブ病患者の発

受理: 2016年4月14日

生、2008年の毒入り冷凍餃子事件、そして2011年の東北大地震を発端とする農畜産物あるいはその加工食品等の放射性汚染等が挙げられる。本稿では筆者の専門分野が細菌学であることから、細菌によって起こされる食中毒を引き合いに、筆者が垣間見た我が国の食の安全の現況と、そこから浮上する獣医臨床の今後取り組むべき課題について記載することにする。

### 【細菌性食中毒にみる我が国のFood Chainの現況】

我が国では感染はしているものの家畜には一切病気症状を起こさないカンピロバクター、サルモネラ、腸管出血性大腸菌等によるヒトの食中毒が頻発している。この要因として下記のごとくの我が国Food Chainの特性が挙げられる。

### 農畜産物・加工食品等の海外依存

「幕の内弁当」は江戸時代に歌舞伎芝居の幕間（まくあい）・幕の内に観客が食べる弁当なので、そう呼ばれるようになった。我が国の誇るべき伝統的料理の1つである。現在では普通の昼食弁当としてコンビニ店でも購入できるが、この弁当を構成する様々な食材の由来を詳しく調べてみると、往々にして半数以上が輸入品であることが判明する。実は「幕の内弁当」は我が国の食の現状をそのまま象徴する「国際食」なのである。現在我が国の食糧自給率が4割程度、すなわち6割は海外から農畜産物・食品等の輸入に依存している事実を思うと当然のことと思われる。1993年の多国間貿易交渉ウルグアイ・ラウンド以来、我が国は色々な農畜産物の輸入制限を緩和し、その結果、食材、加工食品等がそれまでよりも安価に国内市場で販売されるようになった。これは消費者にとってたいへん悦ばしいことではあったのだが、2003年に米国内での狂牛病が発生したことで同国からの牛肉一時輸入禁止、2003、2004年には中国およびタイでの高病原性鳥インフルエンザの発生によってこれらの国からの鶏肉の一時輸入禁止等、これら一連の緊急事態を目の当たりにして「食の国際化とは良い事だけでなく、大変なリスクを我が国に持ち込む諸刃の剣でないか・・・」と日本人は皆感じ始めている。細菌性食中毒の原因となる可能性が高いのは、非加熱処理あるいは加熱処理が不十分で食中毒起因菌

が生菌として存在する農畜産物およびその加工品であろう。具体的な品目としてはリステリア菌に汚染されたチーズ、腸管出血性大腸菌等に汚染された生野菜等が挙げられる。本年2月4日に我が国は環太平洋戦略的経済連携協定（TPP）に署名したが、今後この協定が実効してくればますます大量の農畜産物、食品等がほぼ無検疫で我が国に「上陸」してくることは必至で、我が国の食の安全は、少なくとも細菌性食中毒について一層高いリスクに曝されることになるであろう。

### セントラルキッチン化

学校、病院施設、チェーン店形式のファミリーレストラン、コンビニストア等では常時大勢の消費者に食品・料理を提供する必要があるので、具材の調達から調理までを一括して引き受けることのできるセントラルキッチン（central kitchen, 集中調理施設）を設け、これによって人員と機器類の稼働率を向上させ、品質管理がしやすくなるシステムが採用されている。このシステムでは大量の食材が扱われるため衛生面での管理は特に重要である。もしこのシステム内で食中毒の3原則（菌を殺す、菌を付けない、菌を増やさない）に反した過失が発生すれば、その被害は1家庭内での1調理者の過失による被害とは比べものにならないくらい多数の消費者に及ぶ被害となる。2011年2月に北海道で学校給食を原因食材とするサルモネラ菌による集団事例が発生した。幸い死亡者はゼロであったが小中学校9校の児童生徒、教職員1,500人以上が発症した。給食センターの調理員が調理器具を十分消毒していなかったという過失がもたらした被害であった。2009年には二つの飲食チェーンにおいて、結着等の加工処理を行った食肉（いわゆるサイコロステーキ等の成型肉）を原因食品とする腸管出血性大腸菌O157食中毒が広域で発生している。国内の取引先工場が冷凍状態で輸入した牛肉を解凍して成型加工し、その際に食中毒3原則の1つ「菌を付けない」を守らなかったことで成型肉をO157で汚染させてしまい、そのまま再冷凍して飲食チェーンの全国100以上の店舗に配達したこと、さらに各店舗での成型肉の加熱調理が不十分で、ここでも食中毒3原則の1つ「菌を殺す」を守らな

かったことで被害が拡大したのであった。我が国のFood Chainはたった1つの過失によって簡単にちぎれてしまう脆弱性を秘めている。

### 流通消費経路の広域、複雑、そして「暗黒」化

我が国は世界に十分誇れる輸送技術・流通システムを持っている。このおかげで、例えば日本のある港に海外から「上陸」した農畜水産物や国内のある工場で製造された食品はその日のうちに国内どこへでも簡単に配送できるようになった。配送された農畜水産物・食品はその土地で消費されることもあるが、さらにそこで加工や保存されて別の場所に配送される。さらにさらに配送される場合もあるので、そのような農畜水産物・食品の行方を日本地図に描いてみると旅客機の国内運航図のよう（網状）になってしまう。このようなFood Chainの末端で食中毒が起きた場合、その原因食品・食材が現場で特定できたとしても、その由来を知る事が非常に難しくなっており、同様に汚染された食品・食材が国内の他所にも配送されているのか？、それは何処なのか？も解らない。そのまま手をこまねいているうちに、他所で同様の食中毒事例が発生、被害が拡大してゆくのである。このような流通消費経路の広域化・複雑化に伴って地域および時間を超えて、共通の原因であるにもかかわらず、あたかも個々の原因によって発生しているように思える食中毒をdiffuse outbreak（和訳として“分散型食中毒”、“散发型集団食中毒”、“広域散发食中毒”等）という。今世紀に我が国で発生したこの類の細菌性食中毒としては、2001年の輸入カキによる赤痢菌食中毒、市販和風キムチに起因するO157食中毒、2009年の成型肉のサイコロステーキによるO157による食中毒などが挙げられる。記憶に新しい事例としては、2011年4月焼き肉チェーン店で牛の生肉「ユッケ」による富山、福井、神奈川3県にまたがる腸管出血性大腸菌O111食中毒が挙げられる。この事例では肉卸業者が焼き肉チェーンでは生食用として提供される肉を加熱用の肉と同じ作業場で加工し、この時点で当該牛肉は加熱用牛肉となるにも関わらず「生食用」として卸していたのではないかと疑われている。広域、複雑化した我が国のFood Chainに由来や規格を偽った農畜水産物・

食品が紛れこめば汚染原因の迅速な究明はますます困難となり延々と人的・物的被害が拡大してゆくのである。

### 生食嗜好の「食文化」

日本人には食材の生の味を珍重する性癖が昔からあるようで、寿司や刺身に代表される魚介類等の生食は国家的な「食文化」とされている。近年は生食の対象が拡大して、本来は煮たり焼いたりして喫食される牛や鶏の生肉が「ユッケ」、「鳥刺し」等と称して全国津々浦々の飲食店のメニューに載るようになった。これらの食材にはその取扱い過程において食中毒を起こす腸管出血性大腸菌、カンピロバクターが不可抗力的に付着している可能性が高い。近年の調査では牛の枝肉の0.2%-5.2%が腸管出血性大腸菌 [2] に、また店頭販売される鶏肉の実に3割から4割がカンピロバクターに汚染されていることが報告されている [3]。その菌量は通常僅かであるため、所謂「新鮮」な状態であれば生で食べても食中毒には至らない。しかし、その「新鮮」さが失われた時、食材はそれほど時間を要さずに「凶器」に変貌する。多くの食中毒細菌は20℃～40℃の温度域で旺盛に増殖する。例えばO157は至適増殖温度下では細胞の分裂間隔が20分ほどで、この菌がたった10個ほど付着した牛肉も4時間そのまま放置すると4万個にまで増殖する。このような事態を防ぐには付着している細菌が増殖しないように食肉処理場から食卓で消費されるまでの時間を短くするか、それが出来ない場合は新鮮なうちに冷凍・冷蔵することである。我が国で発生している食材の生食による食中毒事例の大多数は供給者・提供者側の経済が優先された結果、「菌を増やさない」という食中毒予防3原則の1つが軽視されたことによるものである。2011年4月に富山県の焼き肉チェーン店で出された牛生肉のユッケが媒体となった腸管出血性大腸菌O111の集団食中毒はそのケースに該当すると思われる。生食を国家的な食文化と「誇る」限りにおいて、我々日本人はこのリスクから逃れることはできない。

### 公定法過信

我が国Food Chainの現況に鑑み、細菌性食

中毒の発生を未然に、あるいは最小限にいとめるもっとも有効な方策はHazard Analysis Critical Control Point (HACCP: 危害分析重要管理点) システムであると思われる。HACCPシステムでは農場から食卓までの様々な農畜産物の取扱・加工の工程中に洗い出された高リスク項目について最も有効な管理基準・監視方法をもって管理、監視し、基準値を超えた場合の対処法などを事前に決定しておくことが必須である。細菌性食中毒のリスクに対しては対象検体中の細菌の有無、あるいは菌数などを正確かつ迅速に結果が得られる細菌学検査法でモニタリングすることが必要で、多くの検査室ではこのモニタリングを所謂「公定法」を採用することで行っている。「公定法」ということで誰もが信頼のおける「お墨付き」、「大丈夫」と思ってしまうのは仕方がないことかもしれない。しかしながら、「公定法」中にはその精度が疑問視されるものもあることを忘れてはならない。

一般に食中毒起因細菌の食品検体からの検出法の基本的流れは、他ステップ①検体を適当な液体培地に接種して菌を相当数増やし [増菌]、ステップ②それを適当なる分離用の寒天培地に接種・培養し、ステップ③培養後、培地上に形成された疑いのある集落を選定し、ステップ④選定された菌株の生理・生化学性状、血清型、毒素産生の有無等を確認する、といった4つのステップで構成される。つい数年前まで、日本の大半の検査室では食品検体からのO157の検出については厚生労働省が推奨する検査指針 [4] に従い、第ステップ①、すなわち「増菌培養」のステップで選択剤 (抗生物質、胆汁酸等) を

添加したノボビオシン添加mEC培地を用い、しかも高温 (42℃ ; 通常は36~37℃) で培養している。しかしながら、もう20年以上も前から多くの研究者らによって凍結、加熱あるいは貧栄養等にストレスによって細菌の細胞壁が損傷し、抗生物質、重金属等に対する感受性が高まる現象が報告されている。Ray [5] は1979年にそれまでに損傷菌について報告された100近い学術論文をもとに、損傷菌を考慮に入れた検出法について解説している。坂崎 [6] は食水系検体からのサルモネラ菌の検出にあたって損傷菌の存在を考慮にいれた非選択液体培地による増菌培養を強く推奨している。

そこで、我々の研究室では、貧栄養ストレスを与えて“飢餓”状態にしたO157菌細胞を $10^2 \sim 10^3$ cfu/mlとなるように希釈し、この希釈液0.1mlを実験的に各々3gのサニーレタスに付着させた。その後その検体を27mlの緩衝ペプトン水 (以下BPW)、BPWにチオグリコール酸ナトリウムを添加したもの (BPW+STG)、あるいは mEC液体培地にノボビオシンを添加したもの (mEC+n) で36℃、18時間静置培養した。培養後、各培養液をO157選択分離用セフェキシム・亜テルル酸添加ソルビトールマッコニー平板培地に画線塗抹し36℃、20~22時間培養すると、mEG+nで増菌した培養液を塗抹した平板ではO157と思われる白色のコロニーの形成が全く認められなかったが (図1A)、BPWで増菌した培養液を塗抹した平板ではO157と思われる白色のコロニーが多数形成されるのを確認した (図1B)。同様の所見が凍結・冷凍によって損傷状態にあるO157についても我が国

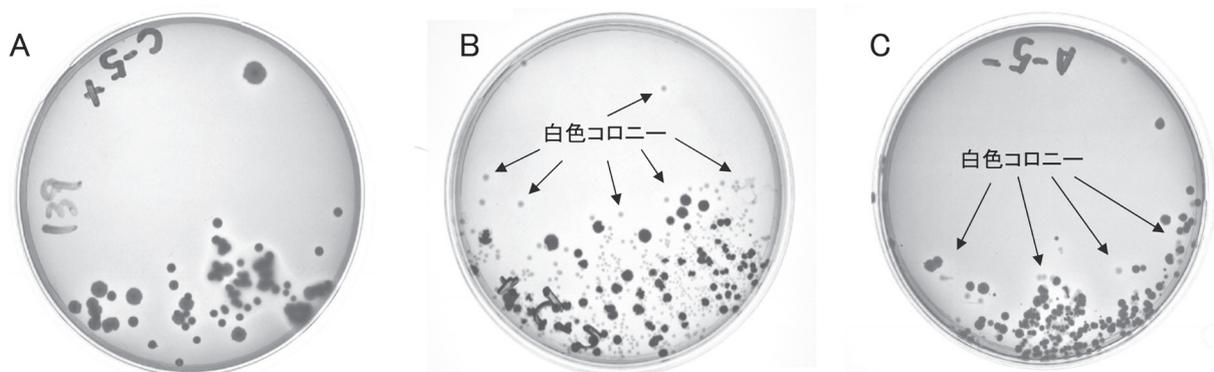


図1 人為的に腸管出血性大腸菌O157で汚染した貝割れ大根を異なる増菌培地での培養液を画線塗抹した分離平板培地上のコロニー形成の比較

の研究者ら [7, 8] によって報告されている。これら科学エビデンスに鑑み、厚生労働省医薬品食品局は平成24年5月15日付けの新たな通知の中で、ようやく「凍結等によって菌の損傷が認められる場合は、(中略) 選択性を弱めた増菌培養法の使用を推奨する」[9]と言及するに至ったのである。平成8年7月に大阪府堺市の小学児童を襲ったO157集団下痢症事件の発生から実に16年間、精度の低い「公定法」が過信されていたことになる。

### フードチェーンにおける「農場区」の乖離

上述のごとく我が国で市販されている牛肉、鶏肉が高率に腸管出血性大腸菌やカンピロバクター等で汚染されているが、この第一の原因は牛や鶏の腸内・糞便内にこれらの食中毒起因細菌が常在していることである。朝倉ら [10] は日本の2006年時点、120の肉牛生産農場由来の約300頭の1割の牛の糞便から志賀毒素産生性の大腸菌O157が検出されたことを報告している。さらに佐々木ら [11] は2007年から2008年の時点で約400戸の肉牛生産農家を対象に疫学調査した結果、実に3割近くの農家の牛の直腸から志賀毒素産生性大腸菌O157が検出されたと報告している。2009年に開催された食品安全委員会微生物・ウイルス専門部会では5カ所の養鶏場で飼育されている総計1,000羽以上の鶏を対象とした調査で30%~100%の鶏の主に盲腸内容物からカンピロバクター検出され、しかもその菌数(中央値)は $10^5 \sim 10^6$ /gと高濃度であることが報告されている。なぜこのような由々しき状況となってしまったのだろうか? 一昔前の事であるが、某県の家畜保健所から派遣された2名の若い獣医職員が食中毒起因細菌分離・同定法を学びに筆者の所に来たことがある。筆者がこの2人に「獣医の資格がありながら何故?」とその理由を訊くと、「O157やカンピロバクターでは家畜は病気にならないので・・・」という驚きの答えが返ってきた。名門獣医学校出身のこの2人には「動物のお医者さん」という自負はあっても「最終的には人間に食される動物を扱っている」という感覚が欠落していたのである。所謂「食肉チェーン」は家畜を飼育する「農場区」、肉を処理・加工する「製造区」、そして最終産物を消費者に提供する「販

売・消費区」の3つの管轄区に分けることができる。これら区内で従事するものがHACCPとリスク分析の手法を活用しながら「適正農業規範」、「適正製造規範」、そして「適正衛生規範」を遵守されるべきである。しかし、もし「農業区」に従事するものが家畜飼育の経済性(繁殖率、飼料高率、疾病率等)に重要視され、本来ならば総ての管轄区で最も主眼とされなければならないヒトに対する安全性が軽んじられるようなこととなれば我が国における食の安全は全く保証されない。このようなことを考えると「農場区」における獣医臨床の有り様は非常に重要である。

### 【今後の展望】

上述のFood Chainの現況を踏まえ我が国の食の安全・安心のために何が必要なのかを考えると、1つには、農畜産物やその加工食品における危害を正確に、迅速に、簡便に、安価に危害を検出、同定、定量する実用的な科学技術を創出することである。例えば、筆者らは飢餓状態にあるO157は選択増菌培地では殆ど増殖しないこと、さらに分離平板上分離平板上においてO157と酷似した好気性のソルビトール非発酵性細菌コロニーの形成が夾雑する等の問題を解消するべく、非選択増菌培地にチオグリコール酸ナトリウムを添加して嫌氣的にした培地を考案し、水耕栽培野菜におけるO157汚染の有無がより正確かつ効率的に検知できる方法(図1C)を開発している [12]。そしてもう1つ必要なのは「農場区」と他の管轄区との獣医師も含めた人材交流、協働、連携である。各都道府県では「農場区」において家畜防疫業務や家畜衛生指導を担当する家畜保健衛生所と、「製造区」において食肉・食鳥検査を行う食肉衛生検査所が設置されている。これらの部署には多数の獣医師が配置されているが、多くの場合「農場区」の乖離が見え隠れしている。この状況を解消すべく、鹿児島県では「行政に携わる獣医師は、生産から消費までの、いわゆる「Farm to Table」の各ステージで携わっていることから、一連の獣医行政として見ていくという考え方が重要である。そのような考え方は一連の獣医行政を円滑に実施していくために必要不可欠であり、時代の要請である」との自覚の中、「獣医務

技監」という新たな業務を設置している [13]。これは「縦割り行政」の壁を排除した画期的な取り組みである。このようなムーブメントが全国に広がること、そして臨床獣医も含めた畜産業に携わる人々の間で「動物に病気を起こさなくてもヒトに起こす微生物が動物に常在している」、このことが十分認識されることが火急の課題である。

#### [引用文献]

- [1] Fischler F. 2001. European Agriculture Aims, Function and Future Developments, Brussels, Speech/01/564 on 22nd November 2001.
- [2] 農林水産省. 2012. 生食用食肉の取扱マニュアル (第2版)
- [3] 小野一晃. 2014. 市販鶏肉のカンピロバクター及びサルモネラ汚染状況と分離株の薬剤耐性. 日本獣医学会誌 67: 442-448.
- [4] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 2006. 腸管出血性大腸菌 O157 および O26 の検査法について. 食安監発第 1102004 号.
- [5] Ray, B. 1979. Methods to detect stressed microorganism. J Food Prot 42: 346-355.
- [6] 坂崎利一. 2000. *Salmonella*, 新訂「食水系感染症と細菌性食中毒」, 中央法規出版 90-138.
- [7] 青木順子, 加藤美和子, 新井礼子, 佐藤博. 2009. 検食を想定した食中毒菌検出方法の検討 (第1報), 新潟県保健環境科学研究所年報 24: 60-63.
- [8] 神吉政史, 勢戸和子, 原田哲也, 久米田裕子. 2011. チーズにおける腸管出血性大腸菌の増菌培養法の比較, 日本食品微生物学雑誌 28:133-138.
- [9] 厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課. 2012. 腸管出血性大腸菌 O26、O111 及び O157 の検査法について. 食安監発第 0515 第1号.
- [10] Asakura, H., Masuda, K., Yamamoto, S., and Igimi, S. 2014. Molecular approach for tracing dissemination routes of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 in bovine offal at slaughter. Biomed Res Int 2014: Article ID 739139 (online).
- [11] Sasaki, Y., Murakami, M., Maruyama, N., Yamamoto, K., Haruna, M., Ito, K., and Yamada, Y. 2013. Comparison of the prevalence of shiga toxin-producing *Escherichia coli* strains O157 and O26 between beef and dairy cattle in Japan. J Vet Med Sci 75: 1219-1221.
- [12] Sata, S., Fujisawa, T., Osawa, R., Iguchi, A., Yamai, S. and Shimada, T. 2003. An improved enrichment broth for isolation of *Escherichia*

*coli* O157, with specific reference to starved cells, from radish sprouts. Appl Environ Microbiol 69: 1858-1860.

- [13] 北野良夫. 2013. 「獣医務技監」の設置と獣医師業務の将来展望. 日本獣医師会雑誌 66: 658-660.

## Bacteriology learned from food poisonings for veterinary practice leading to food safety and security

Ro Osawa

Research Center for Food Safety and Security, Graduate School of Agricultural Science,  
Kobe University, Rokko-dai 1-1, Nada-ku, Kobe, 657-8501 Japan  
Tel/fax : +81-78-803-5804  
E-mail : tamie@opal.kobe-u.ac.jp

### **Abstract**

Recent Japanese public concerns on the food safety include contaminations by infectious agents, genetically modified elements, and toxic chemicals. Among them, food poisonings caused by consumption of bacterially contaminated beef, pork, and poultry meat have occurred so frequently here in Japan. This situation may be attributed to a combination of risk factors as follow: (1) a heavy dependence on meat imports which might be contaminated with pathogenic bacteria, (2) “Central Kitchen Operations” system where a single sanitary mistake by a worker may have a nationwide hazardous ramification, (3) a heavy dependence on meat imports which might be contaminated with pathogenic bacteria, (3) complicated or obscure trading and marketing routes, (4) a time-honored national tradition of consuming raw seafood plus contemporary trend of consuming raw meats with high risk of food poisoning; (5) overconfidence in so-called official methods to detect hazardous bacteria, and (6) segregation of the animal production sector from other sectors of food chain. Bearing this situation in mind, what we need right now are further development of strategies and technologies for more efficient detection and prevention of pathogenic bacterial contamination of livestock and its products and realization among not only veterinary practitioners but also those involved in livestock husbandry of the very fundamental fact that some bacteria carried by apparently healthy livestock may bring severe food poisoning to humans.

**Key words:** From Farm to Table, food poisoning, enterohaemorrhagic *E. coli*, *Campylobacter*, HACCP