

國人食用BSE發生國丹麥之進口牛肉健康風險評估

莊育權¹ 康峰誌¹ 陳俞伶²

¹國立臺灣大學 ²食品藥物管理署食品組

摘 要

牛海綿狀腦病(Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE) 又稱狂牛症是一種對牛隻具神經毒性且致命的腦部疾病，研究指出BSE的致病普恩蛋白(protease-resistant PrP) 有人畜共通的傳染機制，因此BSE與食用牛肉的風險管理需進一步探討。雖然台灣未發現BSE案例，但由於國內食用牛肉長期仰賴進口牛肉，因此食用BSE發生國進口之牛肉成為食品安全中重要的項目，也需要有量化的健康風險資料來做為評估的依據。本研究以丹麥進口牛肉食品為例，評估國人食用進口牛肉而感染新變異型庫賈氏病(new variant CJD, vCJD)之健康風險，參考生物性健康風險評估架構(包含評估目的與範圍、有害物質鑑定、暴露評估、有害物質特性化、風險特性化)以機率分析方法納入評估參數之不確定性，評估模式考慮大腦中異常PrP^{Res}累積的生物學機制參數，暴露機率和預期的攝取感染性濃度，最後估算出食用丹麥帶骨牛肉的終生風險中位數為 1.09×10^{-8} ，95%信賴區間上限為 1.31×10^{-8} ，若以過去已開放進口之BSE發生國家之評估結果比較，其終生風險中位數位於荷蘭(8.82×10^{-9})與日本(1.13×10^{-8})之間。

關鍵詞：牛海綿狀腦病、健康風險評估、輸入食品、丹麥

前 言

目前的研究顯示 BSE(bovine spongiform encephalopathy, 狂牛症)的爆發可能是牛飼料添加之肉骨粉中含有大量的羊搔癢症病原所致，BSE的潛伏期很長，可能長達好幾年，但是一旦發病，牛隻便會在幾個星期內死亡，患病的牛隻會先出現驚恐及易被激怒的狂牛行為，慢慢的變得行動困難、虛弱、然後死亡^(1, 2)。原本科學家認為這種疾病應該不會傳染至人類，但不幸的在1996年英國首度診斷出人類第一例的新變異型庫賈氏病(new variant CJD, vCJD)，新變異型庫賈氏症的患者在剛開始時會出現一

些精神方面的症狀，如憂鬱、焦慮、及幻覺。慢慢地會出現走路不穩、行動困難、以及出現一些無法自主的肢體動作，最後智力衰退，精神障礙等癡呆症狀，多數患者在發病後一年內死亡。目前對新變異型庫賈氏症無藥物可直接治療，所以預防是最重要的。

Prion致病的原因是由PrP(Prion protein)⁽²⁾經突變後轉變成PrP^{Res} (protease-resistant PrP)而引起，已罹患BSE的牛隻體內其PrP^{Res}的分布位置相當不均勻，其中主要部位稱為特定風險物質(specified risk material, SRM)，SRM的分佈和所含感染力(PrP^{Res})的比例，以牛腦組織佔66.7%最高，其次為脊髓25.6%，背脊神經節

3.8 %，迴腸末段(小腸的一部份) 3.3 %，扁桃腺0.56 %，及眼球0.04 %，因此30個月齡以上牛隻的眼睛、三叉神經節、腦、脊椎含背脊神經、脊髓、頭顱和脊椎(不包括尾椎、胸與腰椎橫突及薦椎翼)都被世界動物衛生組織(World Organisation for Animal Health, OIE)定義為SRM，未得病的30個月齡以下的牛隻，僅扁桃腺與迴腸末段(小腸的一部份)被定義為SRM。

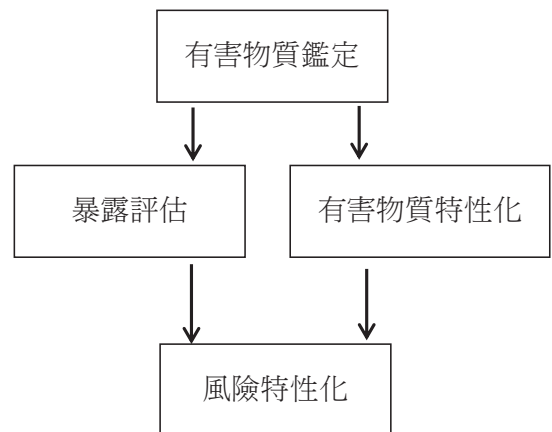
國際間BSE評估模式的研究，以哈佛風險分析中心為例，在2003年美國華盛頓州發現一起BSE案例，於是哈佛風險分析中心(Harvard Center for Risk Analysis, HCRA)用他們所發展的 HCRA simulation model評估BSE於美國境內散佈傳播的風險⁽³⁾，其中評估方法為了納入模式參數之不確定性，採用20年間美國進口牛隻感染數資料以建構評估參數之機率分佈，且使用SAS[®]統計軟體中分析函數(UNIVARIATE)模擬50,000次，並依據模擬結果去擬定防止BSE政策；此外歐盟所使用的BSurvE spreadsheet model為例，其鑒於歐盟各國家對於BSE監控方式的差異甚大，未有一個標準的方式，於是發展此模式，提供BSE監控方式之評估方法⁽⁴⁾，此模式使用歐盟的流行病學統計資料，分成四個面向處理：資料輸入、BSE狀態評估、BSE監控評估、監控資源分配，此模式將上述結果整合後達到估計BSE流行率、評估監控程序、提供改善監控程序工具等效果，提供歐盟感染及未感染BSE各國制定及評估監控方針使用。

本研究所建構之進口牛肉之健康風險評估模式，以BSE發生國家(丹麥)進口的全月齡帶骨牛肉做為對象評估國人罹患vCJD之風險，假設國內牛肉消費者每天攝取這些產品，萬一吃到帶有PrP^{Res}的產品，在終其一生(假設80年)，可能罹患vCJD的機率。在評估過程中，原則上採用高估風險的假設或數據之健康風險評估模式。評估模式中應用歐洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)推薦之

機率分析法(蒙地卡羅法)模擬估算，得出假設國內牛肉消費者每天攝取進口帶骨牛肉的情境下，萬一吃到帶有PrP^{Res}的產品之消費者其終生可能罹患vCJD的機率。

材料與方法

PrP^{Res}與食品中化學物質之致病機制明顯不同，因此不適合採納化學性風險評估架構。故本研究參考微生物量化風險評估架構⁽⁵⁾建構進口牛肉之健康風險評估模式，評估架構如圖一所示，依照評估架構的步驟將風險評估模式針對評估目標、對象與情境等資料逐一建構並如下依序說明：



圖一、微生物健康風險評估架構

一、有害物質鑑定

SRMs在屠宰過程中會被移除。因此30個月齡以上帶骨牛肉所含的PrP^{Res}有可能的來源有：(一)牛肉中含極微量的PrP^{Res}、(二)骨髓帶有微量的PrP^{Res}(假設與血液所含的量相同)、(三)SRMs的污染，因此估算暴露劑量時需考慮以上要素。

二、有害物質特性化

在微生物風險評估中，有害物質特性化是

描述食入微生物後可能造成的健康危害，並呈現劑量反應關係的過程。如同化學物質風險評估中的劑量反應關係評估，在此過程中，主要分為高低劑量外插及物種的外插兩部分。所謂高低劑量外插在於將動物實驗或流行病學研究中，在高劑量觀察到 PrP^{Res} 對動物或人體的效應，利用數學統計模式，外插模擬低暴露劑量的 PrP^{Res} 可能對研究對象造成某種危害的機率。而物種的外插在於探討數學統計模式所模擬的對象為其他物種時，其模擬結果如何經適當的調整而適用於評估對人體危害風險相當重要⁽⁶⁾。

另因需考慮跨物種障礙(cross species barrier, CSB)，即是不同物種間對易感性差異⁽⁶⁾，一般進行健康風險評估時，會保守的假設人類和實驗動物一樣敏感，因此可利用動物實驗結果估算人的風險係數，但文獻中均依實驗動物資料估算牛隻的暴露劑量，因此需由物種間外插估算人類之暴露劑量。此外過去研究指出vCJD的患者在表現 PrP^{P} 的基因(PRioN Protein, PRNP)都是帶methionine/ methionine (M/M)同質性基因型，而隱含此一基因的多型性代表人可能對vCJD易感性的高或低。因此跨物種障礙與消費者之PRNP基因多型性都是評估模式中需納入考量之重要參數。

三、暴露評估

(一)國內牛肉消費者牛肉攝取量估計

牛肉攝取量係根據國家攝食資料庫公告之105年度-Consumer only食物細項攝食量計算結果⁽⁷⁾，其結果是依據2005 - 2008年針對成人之營養調查蒐集的資料來估計，營養調查以食物攝取頻率、24小時回憶法，及飲食型態等方法評估飲食攝取狀況。

(二)暴露計量估算

使用方程式估算如下：

$$E[Q(t)] = \lambda E[q(S)](e^{kt} - 1) / k \quad \text{式(1)}$$

其中， λ 代表國內牛肉消費者每天食用丹

麥進口帶骨牛肉或而攝取 PrP^{Res} 的機率，相當於估算每天進入食物鏈的受感染牛隻數除以每天屠宰的牛隻數量，加上吃到受SRMs污染的機率(假設不同天重複吃到同一頭牛帶有 PrP^{Res} 組織的機率非常小)。 $q(S)$ 為吃到帶有 PrP^{Res} 的組織時，可能攝取 PrP^{Res} 的劑量。 t 代表吃到含有 PrP^{Res} 組織後的時間； k 為單位變換後的反應速率常數。

(三)各部位組織的感染力濃度

動物各部位組織的感染力濃度(PrP^{Res} 的含量)可因對牛隻的感染力定義不同而有不同數值，此報告根據1999年12月10日歐盟公佈的牛隻各部位感染力濃度數據⁽⁸⁾以估算國內消費者的攝取劑量。

(四)估算吃到具感染力組織的機率

本報告從歐盟2007年至2016年統計數據中估算丹麥飼養牛隻、感染狂牛病盛行率來計算病牛頭數。

(五)估算平均一次 PrP^{Res} 攝取量($q(S)$)：帶骨牛肉

根據國內男性牛肉消費者每天攝取量，並考量帶骨牛肉中 PrP^{Res} 含量、可能受SRMs污染機率、屠宰時連續污染其他牛隻的情境，估算每次平均 PrP^{Res} 攝取量。

四、風險特定化

評估丹麥進口帶骨牛肉所輸入的基本參數如表一，其參數均假設為機率分布函數並以機率分析模擬。

五、分析工具

本研究以蒙地卡羅法進行機率分析，上述評估模式以及參數機率分布函數建構於Crystal ball軟體(軟體由甲骨文股份有限公司代理，版次為11.1.2.3.850)，並隨機抽樣50,000次估算模擬國內牛肉消費者食用丹麥進口帶骨牛肉的健

表一、丹麥帶骨牛肉及其相關食品風險評估之參數

參數	平均值 ± 標準差(分布)	最小值	最大值
牛隻重量 (公斤)	539 ± 53.9 (LN) ^a	4×10^2	7×10^2
跨物種障礙	2.7 ± 10 (LN)	1	1.1×10^2
受感染牛隻數目(頭)	1(P) ^b	0	2
污染機率	$5 \times 10^{-2} \pm 5 \times 10^{-3}$ (LN)	2×10^{-2}	8×10^{-2}
污染重量 (克)	20 ± 2 (LN)	15	25
帶骨牛肉攝取量 (克)	170.78 ± 241.1 (LN)	4.23	925.45

^aLN：代表對數常態分佈，^bP：代表Poisson分佈

康風險，同時探討評估參數之敏感度。

結 果

一、有害物質特性化

研究資料指出，若將狂牛病的牛隻腦漿直接注射處理小白鼠腦部的實驗數據，外插估算百萬分之一風險的劑量，可得一百萬隻小白鼠中，有一隻小白鼠腦部組織的PrP^{Res}劑量達到1 ImID₅₀ (直接注射處理小白鼠腦部導致半數小白鼠致病之牛腦組織劑量；簡寫為ImID₅₀)，會有0.69隻小白鼠產生臨床症狀⁽⁹⁾，又發現低劑量下，劑量和風險的比值為0.69接近1，基於高估風險的原則將此風險係數取1。

文獻中可得CSB算數平均數為26.7，此一數據可為Gale利用人群對PrP^{Res}不同敏感性的分佈估算而得⁽¹⁰⁾。台灣發表的文獻指出台灣居民約有98 %的人帶methionine/ methionine (M/M)同質性基因型，韓國與日本人約有94%的人帶有此基因型⁽¹¹⁻¹³⁾，而西方人僅有約40-50 %的人帶有此基因型。由於0.5-15歲的孩童對vCJD的敏感度較高⁽¹⁴⁾，在選取跨物種障礙數值時，特別考慮人種間差異與年齡分佈，額外採用不確定因子10。在執行評估過程中，所使用CSB的平均值為2.7、範圍為1-10³。

另外，經口食入的PrP^{Res}由腸胃道吸收再進入腦部的效率比牛腦漿直接注入腦部的效率低10⁵倍，所以一單位牛的CoID₅₀ (藉由牛隻食

入感染組織而導致半數牛隻致病之牛腦組織劑量；簡寫為bID₅₀)相當於1/CSB×10⁻⁵在人腦內的ID₅₀ (藉由食入感染組織而導致半數人類致病之人腦組織劑量；簡寫為IhID₅₀)。

二、暴露評估

(一)國內牛肉消費者牛肉攝取量

健康風險評估對象是針對國內食用牛肉及其相關食品的人口，考慮不食用牛肉者的額外風險為零，因此未列為評估對象。國內牛肉消費者對牛肉的攝取量資料如表二所示，其假設牛肉攝取量為對數常態分佈並以男性攝食統計資料來代表全國牛肉消費者之攝食量。

(二)牛隻各組織的感染力(一組織所含PrP^{Res}的總分子數目)

在許多以BSE病牛腦漿處理的小白鼠實驗中，有些實驗可以量測到骨骼肌中帶有PrP^{Res}，但腦組織與肌肉的PrP^{Res}濃度比因不同實驗的設計與條件而差異很大。Bosque等人在許多基因轉殖的小白鼠實驗中發現腦組織/肌肉中的PrP^{Res}濃度比約為10^{2.7}倍⁽¹⁵⁾。另外，Buschmann和Groshup以

表二、國內牛肉消費者之牛肉攝取量統計分佈

項目	性別	樣本數 (人)	平均數 (克)	標準差
牛肉	男	94	170.78	241.10
	女	50	122.92	111.64

表三、丹麥帶骨牛肉評估模式模擬結果

項目	吃到具感染力組織機率	可能攝取PrP ^{Res} 劑量(bID ₅₀)	得vCJD 之終生風險 (中位數)	得vCJD 之終生風險 (第95百分位數)
帶骨牛肉	$1.68 \times 10^{-10} \pm 1.58 \times 10^{-10}$	$2.22 \times 10^{-2} \pm 2.46 \times 10^{-2}$	1.09×10^{-8}	1.31×10^{-8}

具感染力的組織處理基因轉殖老鼠，發現肌肉組織則不具感染力⁽¹⁵⁾。Espinosa等人針對未有症狀的牛隻作實驗，以口服方式處理牛隻，在處理20、24、27、30與33個月後，於臨床症狀出現之前，取出牛組織以免疫化學方法分析PrP^{Res}，僅於33個月的樣本分析到PrP^{Res(2)}。組織經處理後注射進入轉殖小白鼠腦部，也發現具感染力的組織僅侷限於神經系統、舌頭與小腸的淋巴組織。

(三)估算吃到具感染力組織的機率

本報告從歐盟2007年至2016年統計數據中估算丹麥飼養牛隻的每年約為 1.4×10^6 頭，由感染狂牛病盛行率來計算病牛頭數，平均每年的感染病牛隻數有1頭，假設全組距約為 [0,2] 頭感染牛隻。因此帶入式(1)以估算吃到具感染力組織的機率λ分佈為 [0,2]頭 / 1.4×10^6 頭 / 365天/年 + $5 \times 10^{-2} \times 10 \times [0,2]$ 頭 / 1.4×10^6 頭 / 365天/年。國內牛肉消費者每天吃到一次具感染力帶骨牛肉機率為 1.68×10^{-10} 。

(四)估算平均一次PrP^{Res}攝取量(q(S))：帶骨牛肉

依據高估風險之原則，根據國內男性牛肉消費者每天攝取之新鮮牛肉均為帶骨牛肉的重量為170.78克，又一頭牛平均重539公斤，屠宰過程去除頭顱、三叉神經節、脊椎、脊神經節、扁桃腺與迴腸末段等，平均剩餘340公斤；其中牛骨重量約佔13%，所剩不帶骨牛肉平均為296公斤⁽⁶⁾。假設牛肉PrP^{Res}含量為牛腦的 1×10^{-7} ，骨髓PrP^{Res}含量與血液相同，為牛腦的 1×10^{-5} ；另假設牛肉可能受SRMs污染，其污染率

為5 %⁽¹⁰⁾，每次污染平均有20克神經組織，最多可連續污染後續屠宰的10頭牛。因牛腦感染力濃度為10 bID₅₀/克，因此國內牛肉消費者食用具感染力的丹麥帶骨牛肉，每次平均PrP^{Res}攝取量等於來自食用丹麥牛肉加上來自骨髓及SRMs的污染，得平均 $q(S) = 2.22 \times 10^{-2} \text{ bID}_{50}$ 。

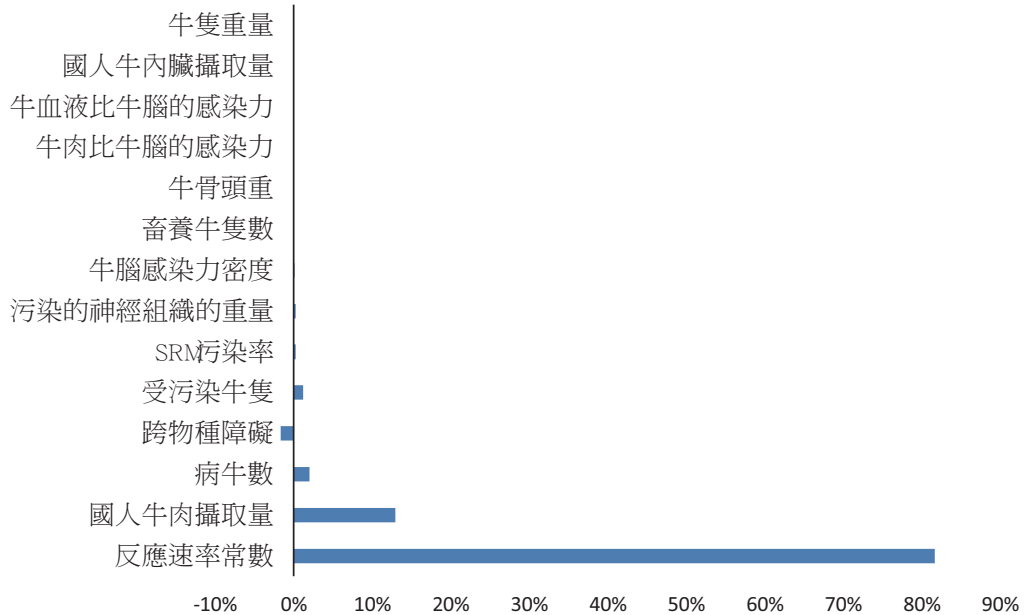
三、食用進口帶骨牛肉的健康風險評估

國內牛肉消費者終生吃帶骨牛肉，風險將隨時間的累積而呈指數增加，其罹患vCJD的終生風險中位數為 1.09×10^{-8} ，第95百分位數為 1.31×10^{-8} 。表三為丹麥帶骨牛肉暴露評估與風險評估之模擬結果。

四、敏感度分析

如圖二之結果顯示影響食用丹麥帶骨牛肉風險的因素，主要為反應速率常數，次之為國人帶骨牛肉攝取量，再來為病牛數，其他參數相對影響比較小。而風險之主要敏感參數為病牛數和反應速率常數，其他參數影響均低於1%。其中跨物種障礙為負相關，代表跨物種障礙值愈大，則風險愈小，其他參數都為正相關，代表參數敏感度愈大則風險模擬結果差異越明顯且風險值會隨參數值愈大而增加。

評估參數中病牛數為進口牛肉中PrP^{Res}的主要來源亦為vCJD風險的致病來源。根據丹麥的BSE案例將病牛數(Poisson分佈)的區間設定為[0,2]，當蒙特卡羅法模擬時病牛數會依Poisson分佈隨機由0至2進行模擬，若病牛數為0時其vCJD終生風險結果也會為0，不受其他暴露參數的變異性影響，反之病牛數為1或2時則還需整合其他暴露參數的差異，因此丹麥



圖二、帶骨牛肉敏感度分析

vCJD終生風險的評估模式中病牛數有最大的敏感度。

評估模式中國人牛肉攝取量是敏感度最大的本土參數，在假設每日攝食進口牛肉的情境下，國人牛肉攝取量主要會影響模式中 PrP^{Res} 的暴露劑量，因而與vCJD終生風險有正相關的趨勢。而國人牛肉攝取量之敏感度主要來自攝食資料的變異性，又其變異性代表了國內牛肉消費者食用牛肉習慣不同所造成之不確定性。因此為了降低其不確定性，故以國內最有代表性之攝食資料作為國人牛肉攝取量之評估數據。

討 論

此模式經過驗證是適合用來評估牛肉風險，但仍有風險不確定性，故採高估風險原則來進行較保守的評估。而人體基因型對疾病的易感受因各人種不同，研究中是從文獻決定跨物種障礙進行風險評估，主要是將methionine/

methionine (M/M)同質性基因型對vCJD 易感性之影響納入考量，參考這些基因差異對人體健康影響的數據，假設CSB 值範圍為 $1-10^3$ 。截至目前尚缺乏科學研究探討PRNP 基因型的差異對vCJD 易感性的影響。在本評估研究中沿用評估國人食用美國進口帶骨牛肉與其相關產品健康風險評估報告書中的 $2.7^{(10)}$ ，比Gale 針對英國人所執行的健康評估中建議的26.7 低10倍⁽⁹⁾。因跨物種障礙與所評估的終生vCJD 風險成負相關，因此值愈小風險愈高，採用低10倍的值，所評估的風險一定會增加。

一般食用的牛肉部分是否不含有 PrP^{Res} ，或者是因含量過少偵測不到所致，此部分仍有爭議，尚未有確切數據能證明感染牛隻的牛肉與血液是否含 PrP^{Res} ，本報告中採用牛肉所含的 PrP^{Res} 量與腦部組織的 PrP^{Res} 含量比值為 1×10^{-7} ，是用一般免疫化學分析方法的偵測極限來表示，未來如有更好的偵測方法，進一步證實感染牛隻牛肉中所含 PrP^{Res} 的量，將可降低評估結果的不確定性。

結 論

利用本研究室所建立的模式，以蒙地卡羅法模擬運算，估算出食用丹麥進口牛肉的健康風險。結果顯示國內牛肉消費者每天食用丹麥帶骨牛肉的終生風險中位數為 1.09×10^{-8} ，第95百分位數為 1.31×10^{-8} 。將上述結果用於溝通時的闡述，可說明了政府若開放丹麥牛肉進口後，國人每天且終生食用牛肉並且專吃丹麥進口牛肉的情境下，國內1億位牛肉消費者中會有1人因暴露PrP^{Res}而罹患vCJD。本研究結果可提供管理單位了解開放丹麥牛肉進口後，國內牛肉消費者可能必須接受之額外健康風險，做為對該議題進行溝通之參考。

參考文獻

1. Bosque P.J. 2002, Bovine spongiform encephalopathy, chronic wasting disease, scrapie, and the threat to humans from prion disease epizootics. *Curr Neurol Neurosci Rep*; 2 (6): 488-495.
2. Espinosa J.C., Morales M., Castilla J., Rogers M. et al. 2007, Progression of prion infectivity in asymptomatic cattle after oral bovine spongiform encephalopathy challenge. *J Gen Virol*; 88 (Pt 4): 1379-83.
3. Cohen J.T., Gray G.M. 2005, Harvard Risk Assessment of Bovine Spongiform Encephalopathy Update: Phase 1A. [https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/3ce54d34-9dec-4fb1-9902-235745471a40/BSE_Risk_Assess_Report_2005.pdf?MOD=AJPERES].
4. Prattley D.J., Cannon R.M., Wilesmith J.W., Morris R.S. and *et al.* 2007. A model (BSurvE) for estimating the prevalence of bovine spongiform encephalopathy in a national herd. *Preventive Veterinary Medicine*. 80 (4): 330-343.
5. Hass C., Rose J.B. and Gerba C.P. 1999, Quantitative microbial risk assessment. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA.
6. 衛生福利部食品藥物管理署。2009。96年度消費者食用加拿大牛肉之風險評估報告。[<https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?mid=133&id=226&t=s>]。
7. 衛生福利部食品藥物管理署。2018。國家攝食資料庫。[<http://tnfcds.cmu.edu.tw/index.php?action=download&p=5>]。
8. European Union Scientific Steering Committee. 1999. Opinion on the Human Exposure Risk (HER) via food with respect to BSE. [https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_ssc_out67_en.pdf]
9. Gale P. 1998. Quantitative BSE risk assessment: relating exposures to risk. *Letters in Applied Microbiology*. 27 (5): 239-242.
10. 衛生福利部食品藥物管理署。2009。96年度美國進口帶骨牛肉與其相關食品健康風險評估報告。[<https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f636694543564380841>]。
11. Jeong B.H., Nam J.H., Lee Y.J., Lee K.H. and *et al.* 2004. Polymorphisms of the prion protein gene (PRNP) in a Korean population. *J Hum Genet*; 49 (6): 319-324.
12. Yu S.L., Jin L., Sy M.S., Mei F.H. and *et al.* 2004. Polymorphisms of the PRNP gene in Chinese populations and the identification of a novel insertion mutation. *European J Hum Genet*. 12 (10): 867-870.
13. Ohkubo T., Sakasegawa Y., Asada T., Kinoshita T. and *et al.* 2003. Absence of association between codon 129/219 polymorphisms of the prion protein gene and Alzheimer's disease in Japan. *Annals of Neurology*. 54 (4): 553-554

14. Valleron A.J., Boelle P.Y., Will R. and Cesbron J.Y. 2001. Estimation of epidemic size and incubation time based on age characteristics of vCJD in the United Kingdom. *Science*. 294 (5547): 1726-1728.
15. Bosque P.J., Ryou C., Telling G., Peretz D. and *et al.* 2002. Prions in skeletal muscle. *Proc Natl Acad Sci USA*. 99 (6): 3812-3817.

A Health Risk Assessment of vCJD Risk on Taiwanese Consumers for Consuming Imported Beef Product from Denmark, a BSE-occurred Country

YU-CHUAN CHUANG¹, FONG-JHIH KANG¹ AND YU-LING CHEN²

¹ Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, National Taiwan University

² Division of Food Safety, TFDA

ABSTRACT

Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE), also known as mad cow disease, is a neurotoxic and fatal brain disease in cattle. Protease-resistant Prion is the infectious agent with infection mechanism common to both humans and animals; therefore, the risk analysis of BSE and edible beef needs to be further estimated. Although there was no BSE case in Taiwan, since domestic beef has long relied on imported beef, the beef imported from the BSE-occurred country has become an important issue. Thus, quantitative health risk data in food safety is an important reference for risk management. Danish imported-beef was used as an example to assess the health risks of new variant CJD (vCJD) in the consumption of imported beef by Taiwanese consumers. This research used the quantitative microbial risk assessment framework, which included the purpose and range of assessment, hazard identification, exposure assessment, hazard characterization and risk characterization. The risk assessment used the certainty and probability method that included the biological mechanism parameters of abnormal prion accumulation in brain, exposure probability and expected infectious concentration of ingestion. We implemented the sensitivity analysis to identify the sensitive risk factor. After arranging the data, we collected and ran the Monte Carlo simulation to estimate the lifelong risk for intaking Danish beef. The median of the risk is 1.09×10^{-8} and the 95th percentile of confidence interval upper limit is 1.31×10^{-8} . When compared with countries that allowed beef products imported from BSE-occurred country, Taiwan's median of lifelong risk is in between Netherland (8.82×10^{-9}) and Japan (1.13×10^{-8}).

Key words: bovine spongiform encephalopathy, health risk assessment, imported food, Denmark