

食品中動物用藥殘留量檢驗方法－四環黴素類 抗生素之檢驗修正草案總說明

為加強食品中動物用藥殘留之管理，並依據食品安全衛生管理法第三十八條規定：「各級主管機關執行食品、食品添加物、食品器具、食品容器或包裝及食品用洗潔劑之檢驗，其檢驗方法，經食品檢驗方法諮議會諮議，由中央主管機關定之」，爰擬具「食品中動物用藥殘留量檢驗方法－四環黴素類抗生素之檢驗」修正草案，其修正要點如下：

- 一、「適用範圍」刪除蛋類基質，「檢液之調製」及「附註」一併修正。
- 二、「試藥」及「萃取液」中「乙二胺四乙酸二鈉」修正為「乙二胺四醋酸二鈉」。
- 三、「標準溶液之配製」、「檢液之調製」中萃取肌肉及內臟部份及「基質匹配檢量線之製作」，依檢驗方法格式進行文字修正。
- 四、「鑑別試驗及含量測定」中「標準溶液」修正為「基質匹配檢量線溶液」。
- 五、增修訂部分文字。

食品中動物用藥殘留量檢驗方法－四環黴素類 抗生素之檢驗修正草案對照表

修正規定	現行規定	說明
<p>1.適用範圍：本檢驗方法適用於畜禽水產品之肌肉、內臟、乳汁及蜂蜜中四環黴素(tetracycline)等7項抗生素(品項見附表)之檢驗。</p> <p>2.檢驗方法：檢體經萃取及淨化後，以液相層析串聯質譜儀(liquid chromatograph/tandem mass spectrometer, LC-MS/MS)分析之方法。</p> <p>2.1. 裝置：</p> <p>2.1.1. 液相層析串聯質譜儀：</p> <p>2.1.1.1. 離子源：電灑離子化(electrospray ionization, ESI)。</p> <p>2.1.1.2. 層析管：ACQUITY CSH C18, 1.7 μm, 內徑2.1 mm × 10 cm, 或同級品。</p> <p>2.1.2. 離心機(Centrifuge)：可達12000 ×g以上，溫度控制可達4°C以下者。</p> <p>2.1.3. 振盪器(Shaker)。</p> <p>2.1.4. 均質機(Homogenizer)。</p> <p>2.1.5. 氮氣濃縮裝置(Nitrogen evaporator)。</p> <p>2.1.6. 固相真空萃取裝置(Solid phase extraction vacuum manifolds)。</p> <p>2.1.7. 旋渦混合器(Vortex mixer)。</p> <p>2.2. 試藥：甲酸、甲醇、乙腈及正己烷均採用液相層析級；三氯醋酸(trichloroacetic acid)、磷酸氫二鈉(Na₂HPO₄)、檸檬酸、鹽酸、氫氧化鈉及乙二胺四醋酸二鈉(disodium ethylenediaminetetraacetate dihydrate, EDTA-Na₂·2H₂O)均採用試藥特級；去離子水(比電阻於25°C可達18 MΩ·cm以上)；鹽酸四環黴素、鹽酸氫四環黴素、鹽酸羥四環黴素、脫氧羥四環黴素、4-epimer-tetracycline、4-epimer-oxytetracycline 及 4-epimer-</p>	<p>1.適用範圍：本檢驗方法適用於畜禽水產品之肌肉、內臟、乳汁、<u>蛋類</u>及蜂蜜中四環黴素(tetracycline)等7項抗生素(品項見附表)之檢驗。</p> <p>2.檢驗方法：檢體經萃取及淨化後，以液相層析串聯質譜儀(liquid chromatograph/tandem mass spectrometer, LC-MS/MS)分析之方法。</p> <p>2.1. 裝置：</p> <p>2.1.1. 液相層析串聯質譜儀：</p> <p>2.1.1.1. 離子源：電灑離子化(electrospray ionization, ESI)。</p> <p>2.1.1.2. 層析管：ACQUITY CSH C18, 1.7 μm, 內徑2.1 mm × 10 cm, 或同級品。</p> <p>2.1.2. 離心機(Centrifuge)：可達12000 ×g以上，溫度控制可達4°C以下者。</p> <p>2.1.3. 振盪器(Shaker)。</p> <p>2.1.4. 均質機(Homogenizer)。</p> <p>2.1.5. 氮氣濃縮裝置(Nitrogen evaporator)。</p> <p>2.1.6. 固相真空萃取裝置(Solid phase extraction vacuum manifolds)。</p> <p>2.1.7. 旋渦混合器(Vortex mixer)。</p> <p>2.2. 試藥：甲酸、甲醇、乙腈及正己烷均採用液相層析級；三氯醋酸(trichloroacetic acid)、磷酸氫二鈉(Na₂HPO₄)、檸檬酸、鹽酸、氫氧化鈉及乙二胺四<u>乙</u>酸二鈉(disodium ethylenediaminetetraacetate dihydrate, EDTA-Na₂·2H₂O)均採用試藥特級；去離子水(比電阻於25°C可達18 MΩ·cm以上)；鹽酸四環黴素、鹽酸氫四環黴素、鹽酸羥四環黴素、脫氧羥四環黴素、4-epimer-tetracycline、4-epimer-oxytetracycline 及 4-epimer-</p>	<p>一、「適用範圍」刪除蛋類基質，「檢液之調製」及「附註」一併修正。</p> <p>二、「試藥」及「萃取液」中「乙二胺四乙酸二鈉」修正為「乙二胺四醋酸二鈉」。</p> <p>三、「標準溶液之配製」、「檢液之調製」中萃取肌肉及內臟部份及「基質匹配檢量線之製作」，依檢驗方法格式進行文字修正。</p> <p>四、「鑑別試驗及含量測定」中「標準溶液」修正為「基質匹配檢量線溶液」。</p> <p>五、增修訂部</p>

<p>chlortetracycline對照用標準品。</p> <p>2.3. 器具及材料：</p> <p>2.3.1. 容量瓶：1 mL及10 mL。</p> <p>2.3.2. 離心管：50 mL，PP材質。</p> <p>2.3.3. 固相萃取匣 (Solid phase extraction cartridge)：Oasis HLB，6 mL，500 mg，或同級品。</p> <p>2.3.4. 濾紙：Whatman No.2，或同級品。</p> <p>2.3.5. 濾膜：孔徑0.22 μm，Nylon材質。</p> <p>2.4. 試劑之調製：</p> <p>2.4.1. 0.1 M檸檬酸溶液： 稱取檸檬酸19 g，以去離子水溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.2. 0.2 M磷酸氫二鈉溶液： 稱取磷酸氫二鈉28.4 g，以去離子水溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.3. MacIlvaine緩衝溶液： 取0.1 M檸檬酸溶液615 mL及0.2 M磷酸氫二鈉溶液385 mL，混合後，以0.1 M檸檬酸溶液或0.2 M磷酸氫二鈉溶液調整pH至4.0。</p> <p>2.4.4. 萃取液： 稱取乙二胺四醋酸二鈉3.72 g，以MacIlvaine緩衝溶液溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.5. 20%乙腈溶液： 取乙腈與去離子水以 2：8 (v/v)比例混勻。</p> <p>2.4.6. 5% 甲醇溶液： 取甲醇與去離子水以 5：95 (v/v)比例混勻。</p> <p>2.4.7. 2.5% 三氯醋酸溶液： 稱取三氯醋酸 25 g，以去離子水溶解使成 1000 mL。</p> <p>2.5. 移動相溶液之調製：</p> <p>2.5.1. 移動相溶液A： 取甲酸1 mL，加去離子水使成1000 mL，以濾膜過濾，取濾液供作移動相溶液A。</p> <p>2.5.2. 移動相溶液B： 取甲酸1 mL，加乙腈使成1000 mL，以濾膜過濾，取濾液供作移動相溶</p>	<p>chlortetracycline對照用標準品。</p> <p>2.3. 器具及材料：</p> <p>2.3.1. 容量瓶：1 mL及10 mL。</p> <p>2.3.2. 離心管：50 mL，PP材質。</p> <p>2.3.3. 固相萃取匣 (Solid phase extraction cartridge)：Oasis HLB，6 mL，500 mg，或同級品。</p> <p>2.3.4. 濾紙：Whatman No.2，或同級品。</p> <p>2.3.5. 濾膜：孔徑0.22 μm，Nylon材質。</p> <p>2.4. 試劑之調製：</p> <p>2.4.1. 0.1 M檸檬酸溶液： 稱取檸檬酸19 g，以去離子水溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.2. 0.2 M磷酸氫二鈉溶液： 稱取磷酸氫二鈉28.4 g，以去離子水溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.3. MacIlvaine緩衝溶液： 取0.1 M檸檬酸溶液615 mL及0.2 M磷酸氫二鈉溶液385 mL，混合後，以0.1 M檸檬酸溶液或0.2 M磷酸氫二鈉溶液調整pH至4.0。</p> <p>2.4.4. 萃取液： 稱取乙二胺四<u>乙</u>酸二鈉3.72 g，以MacIlvaine緩衝溶液溶解使成1000 mL。</p> <p>2.4.5. 20%乙腈溶液： 取乙腈與去離子水以 2：8 (v/v)比例混勻。</p> <p>2.4.6. 5% 甲醇溶液： 取甲醇與去離子水以 5：95 (v/v)比例混勻。</p> <p>2.4.7. 2.5% 三氯醋酸溶液： 稱取三氯醋酸 25 g，以去離子水溶解使成 1000 mL。</p> <p>2.5. 移動相溶液之調製：</p> <p>2.5.1. 移動相溶液A： 取甲酸1 mL，加去離子水使成1000 mL，以濾膜過濾，取濾液供作移動相溶液A。</p> <p>2.5.2. 移動相溶液B： 取甲酸1 mL，加乙腈使成1000 mL，以濾膜過濾，取濾液供作移動相溶</p>	<p>分文字。</p>
---	--	-------------

液B。

2.6. 標準溶液之配製：

取相當於含四環黴素、氯四環黴素及羥四環黴素各約10 mg之對照用標準品，以及脫氧羥四環黴素、4-epimer-tetracycline、4-epimer-oxytetracycline、4-epimer-chlortetracycline對照用標準品各約10 mg，精確稱定，分別以甲醇溶解並定容至10 mL，作為標準原液，冷凍貯存。臨用時取適量各標準原液混合，以20%乙腈溶液稀釋至0.025~2.5 µg/mL，供作標準溶液。

2.7. 檢液之調製：

2.7.1. 萃取：

2.7.1.1. 肌肉：

將檢體細切均質後，取約5 g，精確稱定，置於離心管中。加入萃取液15 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心10分鐘，取上清液。殘留物再加入萃取液15 mL，重複萃取一次，合併上清液。加入正己烷15 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取下層液，加入正己烷15 mL，重複此步驟二次，下層液經濾紙過濾，供淨化用。

2.7.1.2. 乳汁：

將檢體混勻後，精確量取5 mL，置於離心管中，加入萃取液20 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心10分鐘，取上清液供淨化用。

2.7.1.3. 內臟：

將檢體細切均質後，取約2 g，精確稱定，置於離心管中。加入2.5%三氯醋酸溶液10 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取上清液。殘留物加入萃取液15 mL，重複萃取一次，合併上清液。加入正己烷10 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取下層液，加入正己烷15 mL，重複此步驟二次，下層液供淨

液B。

2.6. 標準溶液之配製：

取相當於含四環黴素、氯四環黴素、羥四環黴素，以及脫氧羥四環黴素、4-epimer-tetracycline、4-epimer-oxytetracycline、4-epimer-chlortetracycline對照用標準品各約10 mg，精確稱定，分別以甲醇溶解並定容至10 mL，作為標準原液，冷凍貯存。臨用時取適量各標準原液混合，以20%乙腈溶液稀釋至0.025~2.5 µg/mL，供作標準溶液。

2.7. 檢液之調製：

2.7.1. 萃取：

2.7.1.1. 肌肉：

將檢體細切均質後，取約5 g，精確稱定，置於離心管中。加入萃取液15 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心10分鐘，取上清液。殘留物再加入萃取液15 mL，重複萃取一次，合併上清液。加入正己烷15 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取下層液，重複此步驟二次，下層液經濾紙過濾，供淨化用。

2.7.1.2. 乳汁：

將檢體混勻後，精確量取5 mL，置於離心管中，加入萃取液20 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心10分鐘，取上清液供淨化用。

2.7.1.3. 內臟：

將檢體細切均質後，取約2 g，精確稱定，置於離心管中。加入2.5%三氯醋酸溶液10 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取上清液。殘留物加入萃取液15 mL，重複萃取一次，合併上清液。加入正己烷10 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200×g離心5分鐘，取下層液，重複此步驟二次，下層液供淨化用。

2.7.1.4. 蜂蜜：

將檢體混勻後，取約5 g，精確稱定，

<p>化用。</p> <p>2.7.1.4. 蜂蜜： 將檢體混勻後，取約5 g，精確稱定，置於離心管中，加入萃取液25 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200 ×g離心10分鐘，取上清液供淨化用。</p> <p>2.7.2. 淨化： 2.7.2.1. 肌肉及乳汁： 取2.7.1.1.或2.7.1.2.節供淨化用溶液，注入預先以甲醇6 mL及去離子水6 mL潤洗之固相萃取匣，棄流出液。以5% 甲醇溶液6 mL清洗固相萃取匣，棄流出液。以甲醇6 mL沖提，收集沖提液，於40°C水浴中以氮氣吹乾，殘留物以20%乙腈溶液溶解並定容至1 mL，經濾膜過濾，供作檢液。</p> <p>2.7.2.2. 內臟及蜂蜜： 取2.7.1.3.、2.7.1.4.或2.7.1.5.節供淨化用溶液，注入預先以甲醇6 mL及去離子水6 mL潤洗之固相萃取匣，棄流出液。依次以去離子水6 mL及5% 甲醇溶液6 mL清洗固相萃取匣，棄流出液。以甲醇6 mL沖提，收集沖提液，於40°C水浴中以氮氣吹乾，殘留物以20%乙腈溶液溶解並定容至1 mL，經濾膜過濾，供作檢液。</p> <p>2.8. 基質匹配檢量線之製作： 取空白檢體，依2.7.節萃取淨化及氮氣吹乾後，殘留物分別添加不同濃度標準溶液1 mL，混合溶解，經濾膜過濾，<u>供作基質匹配檢量線溶液</u>，依下列條件進行分析。就各抗生素之波峰面積，與對應之各抗生素添加濃度，分別製作0.025~2.5 µg/mL之基質匹配檢量線。</p> <p>液相層析串聯質譜測定條件^(註)： 層析管：ACQUITY CSH C18，1.7 µm，內徑2.1 mm × 10 cm。 層析管溫度：40°C。 移動相溶液：A液與B液以下列條件進行梯度分析</p>	<p>置於離心管中，加入萃取液25 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，以3200 ×g離心10分鐘，取上清液供淨化用。</p> <p>2.7.1.5. 蛋類： <u>檢體去除外殼，將蛋白與蛋黃混勻後，取約5 g，精確稱定，置於離心管中。加入2.5%三氯醋酸溶液10 mL，旋渦混合1分鐘，振盪5分鐘，於4°C以3200 ×g離心5分鐘，取上清液。殘留物加入萃取液15 mL，重複萃取一次，合併上清液。於4°C以12000 ×g離心5分鐘，取上清液供淨化用。</u></p> <p>2.7.2. 淨化： 2.7.2.1. 肌肉及乳汁： 取2.7.1.1.或2.7.1.2.節供淨化用溶液，注入預先以甲醇6 mL及去離子水6 mL潤洗之固相萃取匣，棄流出液。以5% 甲醇溶液6 mL清洗固相萃取匣，棄流出液。以甲醇6 mL沖提，收集沖提液，於40°C水浴中以氮氣吹乾，殘留物以20%乙腈溶液溶解並定容至1 mL，經濾膜過濾，供作檢液。</p> <p>2.7.2.2. 內臟、蜂蜜及蛋類： 取2.7.1.3.、2.7.1.4.或2.7.1.5.節供淨化用溶液，注入預先以甲醇6 mL及去離子水6 mL潤洗之固相萃取匣，棄流出液。依次以去離子水6 mL及5% 甲醇溶液6 mL清洗固相萃取匣，棄流出液。以甲醇6 mL沖提，收集沖提液，於40°C水浴中以氮氣吹乾，殘留物以20%乙腈溶液溶解並定容至1 mL，經濾膜過濾，供作檢液。</p> <p>2.8. 基質匹配檢量線之製作： 取空白檢體，依2.7.節萃取淨化及氮氣吹乾後，殘留物分別添加不同濃度標準溶液1 mL，混合溶解，經濾膜過濾，依下列條件進行液相層析串聯質譜分析。就各抗生素之波峰面積，與對應之各抗生素添加濃度，分別製作0.025~2.5 µg/mL之</p>	
---	---	--

時間(min)	A (%)	B (%)	基質匹配檢量線。
0 → 1	95 → 95	5 → 5	液相層析串聯質譜測定條件 ^(註) ：
1 → 2	95 → 85	5 → 15	層析管：ACQUITY CSH C18，1.7
2 → 3	85 → 80	15 → 20	μm，內徑2.1 mm × 10 cm。
3 → 6	80 → 70	20 → 30	層析管溫度：40°C。
6 → 7	70 → 10	30 → 90	移動相溶液：A液與B液以下列條件進行梯度分析
7 → 11	10 → 2	90 → 98	
11 → 12	2 → 2	98 → 98	
12 → 18	2 → 95	98 → 5	
移動相流速：0.2 mL/min。			時間(min)
注入量：5 μL。			A (%)
毛細管電壓(Capillary voltage)：2.5 kV。			B (%)
離子化模式：ESI正離子。			0 → 1
離子源溫度 (Ion source temperature)：150°C。			95 → 95
溶媒揮散溫度 (Desolvation temperature)：500°C。			5 → 5
進樣錐氣體流速 (Cone gas flow rate)：0 L/hr。			1 → 2
溶媒揮散氣體流速 (Desolvation gas flow)：1000 L/hr。			95 → 85
偵測模式：多重反應偵測 (multiple reaction monitoring, MRM)。偵測離子對、進樣錐電壓 (cone voltage) 與碰撞能量 (collision energy) 如附表。			5 → 15
註：上述測定條件分析不適時，可依所使用之儀器，設定適合之測定條件。			2 → 3
2.9. 鑑別試驗及含量測定：			85 → 80
精確量取檢液及基質匹配檢量線溶液各5 μL，分別注入液相層析串聯質譜儀中，依2.8.節條件進行分析。就檢液與基質匹配檢量線溶液所得波峰之滯留時間及多重反應偵測相對離子強度 ^(註) 鑑別之，並依下列計算式求出檢體中各抗生素之含量(ppm)：			15 → 20
檢體中各抗生素之含量(ppm) = $\frac{C \times V}{M}$			20 → 30
M			6 → 7
C：由基質匹配檢量線求得檢液中各抗生素之濃度(μg/mL)			70 → 10
V：檢體最後定容之體積(mL)			30 → 90
M：取樣分析檢體之重量(g)			7 → 11
			10 → 2
			90 → 98
			11 → 12
			2 → 2
			98 → 98
			12 → 18
			2 → 95
			98 → 5
			移動相流速：0.2 mL/min。
			注入量：5 μL。
			毛細管電壓(Capillary voltage)：2.5 kV。
			離子化模式：ESI正離子。
			離子源溫度 (Ion source temperature)：150°C。
			溶媒揮散溫度 (Desolvation temperature)：500°C。
			進樣錐氣體流速 (Cone gas flow rate)：0 L/hr。
			溶媒揮散氣體流速 (Desolvation gas flow)：1000 L/hr。
			偵測模式：多重反應偵測 (multiple reaction monitoring, MRM)。偵測離子對、進樣錐電壓 (cone voltage) 與碰撞能量 (collision energy) 如附表。
			註：上述測定條件分析不適時，可依所使用之儀器，設定適合之測定條件。
			2.9. 鑑別試驗及含量測定：
			精確量取檢液及標準溶液各5 μL，分別注入液相層析串聯質譜儀中，依2.8.節條件進行分析。就檢液與標準溶液所得波峰之滯留時間及多重反應偵測相對離子強度 ^(註) 鑑別之，並依下列計算式求出檢體中各抗生素之含量(ppm)：
			檢體中各抗生素之含量(ppm) =

註：相對離子強度由定性離子對與定量離子對之波峰面積比而得(≤100%)，容許範圍如下：

相對離子強度(%)	容許範圍(%)
> 50	±20
> 20~50	±25
> 10~20	±30
≤10	±50

附註：1. 本檢驗方法之定量極限，四環黴素等7項抗生素於肌肉、乳汁及蜂蜜中均為0.005 ppm，於內臟中均為0.05 ppm。

2. 檢體中有影響檢驗結果之物質時，應自行探討。

參考文獻：

1. Cetinkaya, F., Yibar, A., Soyutemiz, G. E., Okutan, B., Ozcan, A. and Karaca, M. Y. 2012. Determination of tetracycline residues in chicken meat by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Food Addit. Contam. Part B 5: 45-49.
2. Giannetti, L., Longo, F., Buiarelli, F., Russo, M. V. and Neri, B. 2010. Tetracycline residues in royal jelly and honey by liquid chromatography tandem mass spectrometry: validation study according to Commission Decision 2002/657/EC. Anal. Bioanal. Chem. 398: 1017-1023.

附表、四環黴素等7品項抗生素之多重反應偵測模式參數

分析物	離子對	進樣器 碰撞	
		電壓 (V)	能量 (eV)
Tetracycline	前驅離子(m/z)> 445 > 410*	14	18
	產物離子(m/z) 445 > 427	14	12
Oxytetracycline	461 > 426*	16	18
	461 > 443	16	12
Chlortetracycline	479 > 444*	26	20
	479 > 462	26	16
Doxycycline	445 > 428*	12	18
	445 > 154	12	30
4-Epimer-tetracycline	445 > 410*	24	22
	445 > 427	24	14
4-Epimer-oxytetracycline	461 > 426*	22	20
	461 > 201	22	40
4-Epimer-chlortetracycline	479 > 444*	26	22
	479 > 462	26	18

*定量離子對

$C \times V$

M

C：由基質匹配檢量線求得檢液中各抗生素之濃度(μg/mL)

V：檢體最後定容之體積(mL)

M：取樣分析檢體之重量(g)

註：相對離子強度由定性離子對與定量離子對之波峰面積比而得(≤100%)，容許範圍如下：

相對離子強度(%)	容許範圍(%)
> 50	±20
> 20~50	±25
> 10~20	±30
≤10	±50

附註：1. 本檢驗方法之定量極限，四環黴素等7項抗生素於肌肉、乳汁、蜂蜜及蛋類中均為0.005 ppm，於內臟中均為0.05 ppm。

2. 檢體中有影響檢驗結果之物質時，應自行探討。

參考文獻：

1. Cetinkaya, F., Yibar, A., Soyutemiz, G. E., Okutan, B., Ozcan, A. and Karaca, M. Y. 2012. Determination of tetracycline residues in chicken meat by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Food Addit. Contam. Part B 5: 45-49.
2. Giannetti, L., Longo, F., Buiarelli, F., Russo, M. V. and Neri, B. 2010. Tetracycline residues in royal jelly and honey by liquid chromatography tandem mass spectrometry: validation study according to Commission Decision 2002/657/EC. Anal. Bioanal. Chem. 398: 1017-1023.

附表、四環黴素等 7 品項抗生素之多重反應偵測模式參數					
分析物		離子對		進樣錐	碰撞
英文名	中文名	前驅離子(m/z)	> 產物離子(m/z)	電壓 (V)	能量 (eV)
Tetracycline	四環黴素	445	> 410*	14	18
		445	> 427	14	12
Oxytetracycline	羥四環黴素	461	> 426*	16	18
		461	> 443	16	12
Chlortetracycline	氯四環黴素	479	> 444*	26	20
		479	> 462	26	16
Doxycycline	脫氧羥四環黴素	445	> 428*	12	18
		445	> 154	12	30
4-Epimer-tetracycline	—	445	> 410*	24	22
		445	> 427	24	14
4-Epimer-oxytetracycline	—	461	> 426*	22	20
		461	> 201	22	40
4-Epimer-chlortetracycline	—	479	> 444*	26	22
		479	> 462	26	18

*定量離子對