

草蝦水煮過程中嘌呤相關物質之變化

駱錫能* 陳翠瑤 楊士興

國立宜蘭農工專科學校食品工業科

聯絡住址:宜蘭市神農路一號

電話:03-9357400 ext. 876 or 232

傳真號碼: 03-9333902

e-mail: snlou@ccmail.ilantech.edu.tw

草蝦水煮過程中嘌呤相關物質之變化

駱錫能* 陳翠瑤 楊士興

國立宜蘭農工專科學校食品工業科

生鮮草蝦可食部分的總嘌呤含量為 $58.18 \pm 2.24 \mu\text{mole/g dry basis}$ ，其中腺嘌呤 (Ade) 含量最高，佔 82 %。所含腺嘌呤大部份以游離態之核苷酸存在，以腺核苷單磷酸 (AMP) 最多，含量高達 $41.05 \pm 1.77 \mu\text{mole/g dry basis}$ ，大分子核酸物質則較少。於 100°C 水煮 20 分鐘的過程中，蝦肉中的 Ade、次黃嘌呤 (Hyp) 和總嘌呤含量皆隨時間的延長而減少，主要係因肉中 AMP 含量大量減少所造成，腺核苷三磷酸 (ATP)、腺核苷二磷酸 (ADP) 和 肌苷酸 (IMP) 則無明顯改變 ($p > 0.05$)，次黃嘌呤核苷 (Ino) 和 次黃嘌呤 (Hyp) 則未檢出。水煮 20 分鐘後總嘌呤含量降為 $44.14 \pm 2.56 \mu\text{mole/g dry basis}$ ，水煮液中 ATP 相關物質隨水煮時間延長明顯增加，其中以 AMP 含量增加最多，IMP、Ino 及 Hyp 亦伴隨增加，顯示水煮過程中，蝦肉 AMP 除受熱水萃取作用外，並因熱效應降解成 IMP、Ino 或 Hyp，造成水煮液中 AMP、IMP、Ino 及 Hyp 含量的增加。同時，鮮度佳的草蝦其水煮萃取嘌呤物質以 AMP 為主，且萃取量可能較少，而鮮度較差之草蝦則可能以 IMP 相關物質為主要萃取物，其被熱水萃取量則較高。

關鍵字：草蝦，嘌呤相關物質，水煮

Changes in Purine Related Compounds of Grass Shrimp (*Penaeus monodon*) Cooked in Water for Various Duration

Shyi-Neng Lou*, Tsui-Yao Chen and Shih-Hsing Yang
Department of Food Industry, National I-Lan Institute of Agriculture and Technology,
I-Lan 260, Taiwan, R.O.C.

The total purine content of grass shrimp was $58.18 \pm 2.24 \mu\text{mole/g dry basis}$, in which 82% of the total purine content was adenine (Ade) related compounds. Most of the Ade compounds were free nucleotides AMP, ADP and ATP. The AMP was the dominant nucleotide and its content was as high as $41.05 \pm 1.77 \mu\text{mole/g dry basis}$. The Ade, Hyp and total purine content of grass shrimp decreased during cooking in water at 100°C for 20 min, while the free nucleotide AMP also decreased significantly ($p < 0.05$). It revealed that the decrease of free AMP accounted for most of the decrease in Ade and total purine content. Little change of free ADP, ATP and IMP during cooking was observed, and the content of free Ino and Hyp in fresh or cooked shrimp was below the detection limit. Furthermore, the free AMP, IMP, Ino and Hyp content in cooking juice increased during cooking. The free AMP content was the major purine compounds in the cooking juice. It was found that not only the hot water extraction effect, but also the degradation of AMP or/and IMP due to heating contributed to the changes in the purine related compounds of grass shrimp during cooking. The loss of purine related compounds in the shrimp during cooking was indeed transferred to the cooking juice. The freshness of grass shrimp may determine which is the major purine compound found in the extract. The dominant form in the extract was the free AMP when fresh grass shrimp samples were used.

While the IMP related compounds were the dominant form when stored shrimp samples were used in the cooking experiment.

Key words: Grass shrimp, Purine related compounds, Cooking.

前 言

草蝦為我國重要消費水產品之一，其生鮮產品的嘌呤含量高達 201.27 ± 35.40 mg/100 g^(1,2)。痛風或高尿酸血症患者對於草蝦之攝食，營養學界均建議應有所節制。唯食品經加熱處理後嘌呤含量已有所改變⁽³⁻⁸⁾，因此食品加工過後的嘌呤含量資料較之生鮮產品更為實用。針對加工水產品嘌呤含量的變化，Brule等⁽⁹⁾曾對鱈魚加以水煮處理後，發現總嘌呤含量減少，其中又以Hyp減少最多。分析七種本省市售魚類水煮前後嘌呤含量的變化，部分魚類水煮後嘌呤含量明顯的減少，減少的嘌呤主要亦為Hyp，部分則無明顯的變化⁽¹⁰⁾。Shinoda等⁽⁸⁾報告水煮沙丁魚和鮪魚幾無嘌呤含量的減少。顯然不同魚種於水煮過程中嘌呤含量的變化亦有不同，唯其減少皆以Hyp為主。本實驗室分析草蝦水煮不同時間後嘌呤含量的變化，發現在水煮5分鐘後，總嘌呤含量和Hyp含量大量的減少，此變化皆被推測係由於熱水萃取作用，流失於水煮液中所造成^(2,4,8,9)。其流失之嘌呤含量究係以核甘酸、核甘或嘌呤的型態存在並未究明。本研究針對草蝦於不同水煮時間下，對蝦肉及水煮液中的總嘌呤含量及游離嘌呤相關物質加以分析，除釐清水煮流失的變化外，並闡明游離嘌呤相關物質存在之型態，提供痛風及高尿酸血症患者膳食時之參考。

材料與方法

一、材料

1.草蝦(*Penaeus nomodon*) 係由宜蘭縣五結地區養殖場捕獲之活體，總計80尾，平均重量為 14.2 ± 2.0 g，平均體長則為 13.2 ± 0.8 cm，捕獲後立即置於冰藏的採樣箱中，運回實驗室立即處理進行實驗，運送時間約2小時。

2.試藥

三氟醋酸(trifluoroacetic acid)，甲酸(formic acid)和過氯酸(perchloric acid)等均為Riedel-de haen GR級，磷酸二氫鉀(KH_2PO_4)則為Merck，GR級(Germany)。

3.標準試劑

Adenosine 5'-triphosphate (ATP)，adenosine 5'-diphosphate (ADP)，adenosine 5'-monophosphate (AMP)，inosine 5'-monophosphate (IMP)，inosine (Ino)，adenine (Ade)，guanine (Gua)，hypoxanthine (Hyp) and xanthine (Xan)等核苷酸，核苷及鹼基等標準試劑皆購自Sigma公司(USA)。

二、方法

1.水煮處理

草蝦整尾連殼，每3-5尾為一組，置於500 mL的 100°C 蒸餾水中，分別加熱煮沸0，5，10，15及20分鐘後，以達全熟或加熱過度之程度，撈取滴乾後，蝦體去頭，取其可食肉部份，經細碎後以凍結乾燥機(Labconco, Germany)在 -50°C ， <1 mmHg的真空度下進行凍結乾燥至少72小時，至完全乾燥後再以研鉢

研磨成細末，置於 -20°C 凍藏箱中貯藏備用。各個水煮液汁經收集後凍結乾燥
研磨細末，亦置於同一凍箱中貯藏備用。實驗採三重覆進行。

2.水分含量

水分含量測定以凍結乾燥前後樣品的重量差計算之。

3.嘌呤含量分析方法⁽¹¹⁾

(1)酸水解—稱取約 200 mg 凍乾樣品於加蓋螺旋玻璃管中，加入 1 mL 蒸餾水及
 10 mL 三氟醋酸及甲酸 (1:1) 之混合分解液。振盪均勻後，置水浴鍋中 90°C
加熱14分鐘。迅速冷卻後，再以蒸餾水洗入圓底燒瓶中，於 50°C 下減壓濃
縮至完全乾燥後，加入 10 mL 緩衝溶液溶解之，經 $0.2\ \mu\text{m}$ 濾膜過濾再以
HPLC分離定量嘌呤含量。嘌呤含量的定性係以檢液所得波峰的滯留時間與
外在標準試劑比較鑑別，並配合以添加標準試劑法和測試其在不同UV吸收
波長 $280\text{ nm}/260\text{ nm}$ 和 $250\text{ nm}/260\text{ nm}$ 的比值，加以鑑別判定之。並由檢液所
得的波峰面積與標準試劑所得的波峰面積比值，換算求出生鮮或水煮草蝦
樣品中嘌呤物質的含量(以 $\mu\text{mole}/\text{g dry basis}$ 表示)。

(2)高效能液相層析儀 (HPLC) 之分析條件

HPLC採用 Beckman Gold System Chromatography, USA.

層析管：Lichrospher 5C_{18} , $250\text{ X }4.6\text{ mm I.D.}$

移動相： $0.02\text{ M KH}_2\text{PO}_4$ ， $\text{pH} = 3.2$

檢出器偵測波長：UV 254 nm

流 速： $1\text{ mL}/\text{min}$

注入量：20 μ L

4. 游離嘌呤相關化合物

參考Tsuchimoto等⁽¹²⁾之方法經修飾後，自樣品中抽取游離嘌呤相關化合物，抽出液經過濾後注入高效能液相層析儀 (HPLC) 分析定量之，游離嘌呤相關化合物的定性和定量方法與嘌呤含量的鑑別方法相同：

(1) 抽出方法：

取 5 g 生鮮蝦肉加入15 mL冰冷的10 % 過氯酸，均質2分鐘。均質液經 2,500xg，0°C 離心10分鐘，收集上澄液。沉澱物再加入10 mL冰冷的10 % 過氯酸，同上述條件予以均質離心後收集上澄液，並與第一次所得上澄液混合均勻。取10 M及1 M KOH調整 pH 於6.5-6.8之間，於0°C靜置30分鐘後過濾。沉澱物以中和過之冰冷過氯酸 (5%，pH 6.5–6.8)洗滌之，收集濾液並定容至25 mL後貯存於-20°C 冷凍櫃中備用。

(2) 游離嘌呤關連化合物分析

使用HPLC (Beckman Gold System Chromatography, USA.)，管柱為250 x 4.6 mm (I.D.) Lichospher 5C₁₈，以0.05 M KH₂PO₄與K₂HPO₄(1:1)混合液 (pH 6.75) 為移動相，流速為 1 mL/min，檢測器波長設定在 254 nm，注入樣品量為20 μ L。

5. 總嘌呤含量 (Total purine content) 計算

Total purine-content = adenine (Ade) + guanine (Gua) + hypoxanthine (Hyp)
+ xanthine (Xan)

6. 統計分析

實驗資料以SAS (Statistical Analysis System)⁽¹³⁾ 統計分析軟體進行變異數分析，並用Duncan's test比較各組間的差異程度 ($\alpha=0.05$)

結果與討論

一、水煮過程中草蝦嘌呤含量的變化

七種核酸鹼基標準物質 (含Ade, Gua, Hyp, Xan, 尿嘧啶(Ura), 胞嘧啶 (Cyt) 和胸腺嘧啶 (Thy)等)的HPLC層析結果顯示 (圖一)，在十分鐘內即可被完全分離，腺嘌呤 (Ade)有拖尾的現象，唯仍為可接受的程度。未經加熱水煮之生鮮草蝦樣品亦有相似的結果，Ade, Gua, Hyp 和Xan的回收率分別為 $96.5\pm 2.19\%$ ， $92.5\pm 4.7\%$ ， $95.7\pm 1.6\%$ 和 $87.2\pm 6.3\%$ 。游離嘌呤相關物質則在三十分鐘內可被完全分離 (圖二)。生鮮草蝦樣品即含有高量的 AMP，然而其 IMP 與不明的雜質有相當程度的重疊，因而在分離方法上仍可加以改善。

表一為草蝦經水煮不同時間後的嘌呤含量變化。未經水煮生鮮草蝦的總嘌呤含量為 $58.18\pm 2.24 \mu\text{mole/g dry basis}$ 。個別嘌呤含量中則以Ade為最高，其次為Gua，Hyp 及 Xan的含量。草蝦的高 Ade 含量代表其ATP相關物質的含量亦較高。動物體死後生化變化中，ATP相關物質會降解生成 IMP、Ino或Hyp等化合

物，其消長與鮮度有關早經證實。草蝦貯藏過程中，Hyp/Ade的值 (Kp值)曾被提出與鮮度有良好的相關性，其值愈大草蝦的鮮度則愈差⁽¹⁴⁾。其臨界值約在1.29 - 1.42之間，本實驗草蝦樣品係捕獲自養殖池後立即運送至實驗室進行實驗，其Hyp/Ade值僅達0.05左右，顯示實驗草蝦樣品的良好鮮度狀況。

經水煮5分鐘後，水分含量稍微下降，而水煮10分鐘後則又上升，之後隨水煮時間的延長至20分鐘而逐漸減少至 $70.9 \pm 0.3\%$ 。觀察個別嘌呤含量的變化，發現Ade的含量在水煮5分鐘後即有顯著的減少 ($p < 0.05$)，其減少量約為15.8%，隨後則無顯著的變化 ($p > 0.05$)，唯各組的標準差稍大，可能係草蝦的個體差異較大所致。Ade含量的減少代表可能係蝦體內的ATP、ADP、AMP或游離的Ade等含量減少所造成。由於一般食品中游離的Ade含量皆甚低，因此應係ATP等相關核苷酸的減少所導致，可能係ATP、ADP或AMP等為熱水萃取流失於水煮液中，或是其等降解為IMP、Ino或Hyp等小分子。然而蝦肉中的Hyp的含量並未伴隨明顯增加 ($p > 0.05$)，顯示ATP，ADP及AMP等可能並未降解，或降解生成物亦被萃取入水煮液中以致無顯著變化，熱水萃取作用造成流失應係主因。水煮10分鐘對草蝦Hyp的含量並無顯著的影響，水煮15分鐘後則有顯著的減少 ($p < 0.05$)，唯減少量不若Ade，顯然水煮萃取作用對Ade的減少效應較對Hyp更大，推測可能係生鮮草蝦的Ade含量甚高，而Hyp的含量較低的差異所造成。Gua含量隨水煮時間並無顯著差異，直到水煮20分鐘時方有明顯減少，唯減少量甚小，Xan含量在水煮5分鐘時即有明顯下降，隨後則無顯著差異，唯其量甚小，均小於 $0.32 \mu\text{mole/g dry basis}$ 。總嘌呤含量隨水煮時間的延

長持續減少，顯示水煮確可造成草蝦蝦體中總嘌呤含量的流失。由於影響人體血液中尿酸濃度升高的最主要嘌呤物質係為Ade和Hyp⁽¹⁵⁾，而草蝦水煮5分鐘後Ade即有明顯減少，此點可為痛風症患者攝食草蝦時之參考。

綜合以上，顯示水煮處理使草蝦肌肉中的總嘌呤含量減少，其中又以可能易影響人體血液中尿酸濃度的Ade含量減少最多，且在水煮5分鐘內其減少量最為明顯。此結果與前報⁽²⁾的結果頗為一致，唯一不同之處在於前述報告稱所減少的嘌呤含量以Hyp為主，與本實驗發現主要減少以Ade含量為最多有所不同，有關水煮雞肉⁽³⁾，魚^(9,10)和草蝦⁽²⁾等的嘌呤減少效應經推測係熱水萃取作用所致已有報告，今比較草蝦實驗部分，前報⁽²⁾實驗中草蝦樣品係採購自市售的鮮產品，因此其嘌呤含量分布中Hyp含量較高，其Hyp/Ade值(Kp值)為3.12，而本實驗樣品係自養殖池直接捕獲之活體，所含嘌呤物質則以Ade為最多，Kp值僅為0.05顯示鮮度極佳。因而草蝦經水煮後減少的主要嘌呤物質有所不同。另水煮初期5分鐘時，本實驗草蝦Ade流失約15.8%，而前報⁽²⁾草蝦流失Hyp則有86%，顯示鮮度較差的草蝦其經水煮後之嘌呤萃取作用較鮮度佳者為大，可能因鮮度差者其體組織經酵素作用，體組織已部分崩解因而水煮時較易抽出嘌呤物質所致。

二、水煮過程中草蝦游離嘌呤相關物質的變化

草蝦水煮後游離嘌呤相關物質的含量變化列於表二。Ade相關物質中以AMP的含量最高，佔游離嘌呤物質的85%，其次為ADP，ATP等，Hyp相關物質中

僅於蝦肉中發現IMP的存在，尚無Ino和Hyp等，再次顯示良好鮮度的證明。總Ade相關物質含量達 $45.77 \pm 1.83 \mu\text{mole/g dry basis}$ 與表一比較顯示，蝦肉中大部分Ade相關物質皆以游離型態存在且最主要為AMP，僅有少量(約 $1.69 \mu\text{mole/g dry basis}$) 為大分子核酸的組成分，而Hyp則幾乎全部以IMP游離存在蝦體中，非為大分子核酸物質的組成分。

觀察其水煮過程中的變化，發現AMP的含量在水煮5分鐘後急遽下降，隨後保持穩定，至15分鐘後仍有些微的下降，ATP、ADP及IMP則無明顯的變化，Ino和Hyp則皆未檢出，總Ade相關物質量的變化與AMP的變化情形相似，在水煮5分鐘時急遽下降。顯示水煮過程會造成蝦肉中的總Ade相關嘌呤含量減少，最主要係使AMP含量減少所導致，且多係由蝦體中流失入水煮液中。

三、水煮液中游離嘌呤相關物質的變化

為瞭解草蝦水煮過程中AMP含量的減少究係水煮的熱水萃取作用造成流失，或亦因熱效應降解導致減少，故將水煮不同時間的草蝦水煮液凍結乾燥後分析其游離嘌呤相關物質，發現水煮液中含有大量的AMP，其含量隨水煮時間而上升(圖三)，由5分鐘水煮液的 $7.46 \mu\text{mole/g dry basis}$ (相當於蝦肉乾物重) 上升至水煮20分鐘的 $16.9 \mu\text{mole/g dry basis}$ 。ATP和ADP的含量亦有些微上升，不過變化幅度不大，總Ade相關物質含量亦隨水煮時間而增加，顯然水煮過程蝦肉大量AMP的減少，仍以水煮熱水萃取作用為主要的影響因素。圖四則為水煮液中Hyp相關物質的變化情形，IMP為其中最主要成分，隨水煮時間於

水煮液中有些微增加，在蝦肉中並無檢出的 Ino 和 Hyp 於水煮5分鐘後即有約 $0.4 \mu\text{mole/g dry basis}$ 的含量存於煮汁中，且二者亦隨水煮時間的延長而增加，顯然水煮過程中，可能由於熱效應或是酵素作用造成AMP，IMP等核苷酸的降解產生 Ino 和 Hyp等化合物，由於實驗係在沸水中水煮，因而酵素作用的因素可能性甚低，主要應係熱效應的影響。同時 IMP、Ino 和 Hyp等亦極容易受熱水萃取至水煮液中，因而蝦肉中皆無法檢出。觀察總 Hyp 相關物質含量顯示亦隨水煮時間的延長而增加，由5分鐘水煮液之 2.64 上升至20分鐘水煮液的 $5.29 \mu\text{mole/g dry basis}$ ，因此可知，水煮雖可造成蝦肉中嘌呤含量的減少，唯其嘌呤物質皆流入水煮液中，痛風症患者攝食草蝦火鍋時應多加注意。

綜合上述，草蝦在水煮過程中，主要有AMP、IMP、Ino 和Hyp等皆會被萃取出入水煮液中，且隨時間的延長而增加，過程中除了熱水萃取作用外，熱效應造成 AMP，IMP等的降解作用亦伴隨產生，所產生之 IMP、Ino 和 Hyp等物質皆被萃取出入水煮液中。

結 論

草蝦所含Ade嘌呤相關物質大部分以游離型態存在，其中以AMP的含量最多，水煮過程中總嘌呤含量隨水煮時間延長而減少，最初5分鐘嘌呤含量的減少最為明顯，至15-20分鐘後嘌呤含量的減少趨於穩定，超過20分鐘以後，推測其嘌呤含量的減少效果可能並不顯著。嘌呤物質中以AMP的減少為最多，其減少原因係熱水萃取作用和熱效應造成降解等兩作用同時發生所造成，因而隨

水煮時間的延長，於水煮液可發現愈多的AMP、IMP、Ino 和 Hyp 等嘌呤相關物質。鮮度佳的草蝦其嘌呤物質的熱水萃取作用較差，流失的嘌呤相關物質以AMP為主，鮮度較差時則萃取出入水煮液中的嘌呤物質量會較多，其流失則以IMP或其降解物質為主。

參考文獻

- (1) 駱錫能、陳翠瑤、陳輝煌: 水產品嘌呤含量的分析。中華營誌，**21**: 433-444 (1996)
- (2) 駱錫能: 加熱處理對草蝦嘌呤含量的影響。食品科學，**24**: 438-447 (1997)
- (3) L.L.Young: Purine content of raw and roasted chicken broiler meat. *J. Food Sci.*, **47**: 1374-1375 (1982)
- (4) L.L. Young: Effect of stewing on purine content of broiler tissues. *J. Food Sci.*, **48**: 315-316 (1983)
- (5) S.S. Arya, D.B. Parihar and R. Vijaya: Changes in free nucleotides, nucleosides and bases during preparation of pre-cooked dehydrated minced meats. *Die Nahrung.*, **23**: 495-499 (1979)

- (6) M. Colling and G. Wolfram: Untersuchungen zur beeinflussung des puringehaltes von Lebensmitteln durch garen. *Ernaehr.- Umschau*. **36**: 98-99 (1989)
- (7) S.N. Lou and A. Montag: Change in the nucleostatus of mushrooms during storage and thermal processing. *Dtsch. Lebensm. Rundsch.*, **90**: 278- 284 (1994)
- (8) T. Shinoda, Y. Aoyagi and T. Sugahara: Purine base contents in foods and effect of cooking methods. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, **35**: 103-109 (1982)
- (9) D. Brule, G. Sarwar and L. Savoie: Effect of methods of cooking on free and total purine bases in meat and fish. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **22**: 248 - 251 (1989)
- (10) 駱錫能、陳翠瑤、林純德、陳輝煌：水煮過程對水產品嘌呤含量的影響。食品科學，**24**: 258-262 (1997)
- (11) 駱錫能、陳翠瑤：水產品嘌呤含量定量方法的建立。食品科學，**24**: 1-11 (1997)
- (12) M. Tsuchimoto, T. Misima, T. Utsugi, S. Kitajima, S. Yada and M. Yasuda: Method of quantitative analysis of ATP related compounds on the rough sea foods - method of high-performance liquid chromatography using reversed-phase column. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **51**: 1363-1369 (1985)
- (13) SAS: SAS User's Guide : *Basic Statistical Analysis*. SAS Institute Inc., Cary, NC (1985)

- (14) S.-N. Lou: Purine content in grass shrimp during storage as related to freshness. *J. Food Sci.*, accepted (1998)
- (15) A.J. Clifford, J.A. Riumallo, V.R. Young and N.S. Schrimshaw: Effect of oral purines on serum and urinary uric acid of normal, hyperuricemic and gouty humans. *J. Nutr.*, **106**: 428-434 (1976)

表一 水煮過程中草蝦嘌呤含量的變化

Table 1. Change in purine content of grass shrimp during cooking in 100°C hot water for 20 min.

Cooking time (min)	Moisture (%)	Adenine	Guanine	Hypoxanthine ($\mu\text{mole/g}$ dry basis)	Xanthine	Total purine
0 (Fresh)	77.9 \pm 0.1 ^a	47.46 \pm 2.04 ^a	7.88 \pm 0.82 ^{ab}	2.52 \pm 0.41 ^a	0.32 \pm 0.17 ^a	58.18 \pm 2.24 ^a
5	75.5 \pm 0.1 ^b	40.31 \pm 4.08 ^b	8.57 \pm 1.42 ^a	2.00 \pm 0.42 ^{ab}	0.20 \pm 0.06 ^b	51.08 \pm 4.34 ^b
10	77.1 \pm 1.8 ^a	39.16 \pm 3.14 ^b	7.74 \pm 0.16 ^{ab}	2.07 \pm 0.13 ^{ab}	0.28 \pm 0.10 ^b	49.25 \pm 3.15 ^b
15	72.9 \pm 2.4 ^{bc}	36.52 \pm 5.24 ^b	7.55 \pm 0.64 ^{ab}	1.40 \pm 0.64 ^b	0.15 \pm 0.04 ^b	45.62 \pm 5.32 ^{bc}
20	70.9 \pm 0.3 ^c	35.09 \pm 2.49 ^b	7.20 \pm 0.20 ^b	1.65 \pm 0.55 ^b	0.20 \pm 0.04 ^b	44.14 \pm 2.56 ^c

*Values (mean \pm S.D.) in a same column sharing a same superscript letter are not significantly different ($p>0.05$)

表二 水煮過程中草蝦游離嘌呤相關物質的變化

Table 2. Change in free purine related compounds of grass shrimp during cooking in 100°C hot water for 20 min.

Cooking time (min)	ATP	ADP	AMP	IMP	Ino	Hyp	Total related compound
	(μmole/ g dry basis)						
0 (Fresh)	1.21±0.35 ^{a*}	3.51±0.35 ^a	41.05±1.77 ^a	2.56±1.17 ^a	-- ^{**}	-- ^{**}	45.77±1.83 ^a
5	1.05±0.24 ^a	3.44±0.51 ^a	28.58±2.98 ^{bc}	2.57±1.19 ^a	--	--	33.08±3.04 ^b
10	0.96±0.18 ^a	3.65±0.66 ^a	29.52±0.20 ^b	3.31±0.31 ^a	--	--	34.13±0.71 ^b
15	0.92±0.12 ^a	3.93±0.75 ^a	24.62±0.51 ^d	2.64±1.31 ^a	--	--	29.48±0.91 ^c
20	0.88±0.17 ^a	3.62±0.24 ^a	25.43±3.17 ^{cd}	1.97±0.79 ^a	--	--	29.93±3.18 ^{bc}

*Values (mean±S.D.) in a same column sharing a same superscript letter are not significantly different ($p>0.05$)

** Not detected