

不同贮藏条件下武定鸡肌肉肌苷酸及相关核苷酸含量的变化研究

朱仁俊¹, 唐臻睿¹, 黄启超¹, 李清², 李天祥³, 冷静²

(1. 云南农业大学食品科学技术学院, 云南昆明 650201) (2. 云南农业大学动物科学技术学院, 云南昆明 650201)
(3. 禄劝县科技开发培训中心, 云南禄劝 651500)

摘要: 实验对 150 日龄武定母鸡胸肌在不同贮藏温度和时间对其肌苷酸及相关核苷酸的含量影响进行分析, 结果表明: 18℃贮藏条件下, IMP 含量在宰后 4 h 达到最高值 2.00 mg/g, 自 8 h 开始含量显著下降($P<0.05$); IMP 前体物含量在 2 h 达到最高测定值 1.46 mg/g, 之后逐渐下降; IMP 降解物含量随时间延长逐渐升高; ATP 总代谢物含量在 4 h 含量达到最高值 5.71 mg/g, 之后逐渐下降; K 值随时间延长而增大。4℃贮藏条件下, IMP 含量随时间延长呈先升后降规律, 24 h 含量达到最高 1.46 mg/g; IMP 前体物含量也存在类似的变化规律, 24 h 含量达到最高 0.91 mg/g, 自第 3 d 开始显著下降($P<0.05$); IMP 降解物、ATP 总代谢物和 K 值随时间的延长而增加。武定鸡肌肉在相同贮藏温度下, 贮藏时间越长, 肌苷酸含量越低; 贮藏温度越低, 肌苷酸降解越缓慢, ATP 的整体代谢过程持续时间越长。

关键词: 武定鸡; 肌苷酸; 相关核苷酸; 贮藏温度; 时间

文章编号: 1673-9078(2013)1-15-18

Research on the Changes of Inosinic Acid and its Related Nucleotides Contents in Wuding Chicken Muscle under Different Storage Conditions

ZHU Ren-jun¹, TANG Zhen-rui¹, Huang Qi-chao¹, LI Qing², LI Tian-xiang³, LENG Jing²

(1.College of Food Science & Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(2.College of Animal Science & Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

(3.Technology Development and Training Center of Luquan County, Luquan 651500, China)

Abstract: The chest muscles of 10 Wuding hens of 150-day-age was selected and was stored at different temperature. The contents of IMP and its related nucleotides at different storage time were determined. The results showed that the contents of IMP reached the highest value 2.002 mg/g after slaughtered 4 h at 18℃, and then the contents were significantly decreased after slaughtered for 8 h ($P<0.05$). The contents of IMP precursors reached the highest value at 2 h (1.46 mg/g) and then decreased gradually. The contents of the IMP degradation products gradually increased with the increase of time. The total contents of the ATP metabolites reached the highest value (5.71 mg/g) at 4 h and then decreased gradually. The K value increased with the increase of time. When the storage temperature was 4℃, the contents of IMP first increased and then drop with the time extended and the highest measured value 1.46 mg/g reached after saved 24h. The contents of IMP precursors also had a similar variation rule, and the contents reached the highest value (0.91 mg/g) after 24 h. The contents significantly decreased after the 3rd day ($P<0.05$). The contents of IMP degradation products, the total ATP metabolites and the K value were gradually increased with the increase of time. When Wuding chicken muscle stored at the same temperature, the longer of the storage time, the lower of the IMP contents. The lower of the storage temperature, the slower degradation of IMP, and the longer ATP duration of the whole metabolic process.

Key words: Wuding chicken; inosinic acid; related nucleotides; storage temperature; time

武定鸡是云南省著名的地方良种鸡之一, 主产于

收稿日期: 2012-09-13

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(2009ZC073M)

作者简介: 朱仁俊(1968-), 男, 教授, 研究方向: 动物性食品安全与肉品质

通讯作者: 冷静(1972-), 女, 教授, 研究方向: 动物营养与品质

楚雄彝族自治州武定、禄劝两县, 属肉蛋兼用型, 体型大, 产肉多, 肉嫩脂丰, 皮脆骨酥, 味鲜质优, 适应性强, 耐粗饲, 善于觅食, 是一个宝贵的地方品种资源, 其外观、品质和风味都符合优质肉鸡需求, 备受消费者青睐, 具有长远的发展前景^[1-2]。但迄今为止, 对武定鸡产肉性能和肉质特性的研究不多, 对其肉品

风味的研究未见报道。肌苷酸是鸡肉鲜味的主要成分,国际上已将其作为衡量肉品鲜味的一项重要指标^[1]。本试验测定了武定鸡胸肌在不同贮藏条件下肌苷酸(IMP)、IMP前体物、IMP降解物和ATP总代谢物等含量的变化,旨在为探讨提高肉类鲜度的合理保藏方法及优质肉鸡的鲜味机理提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 材料

武定鸡由武定县金凤土鸡养殖场提供(采用果园式生态放养),实验选取150日龄武定鸡母鸡10只,于同一条件下颈部放血屠宰,脱毛后立即取全部胸肌,去掉肉眼可见脂肪、肌腱及结缔组织,每只鸡的肉样按贮藏时间和时间的不同分成相应的份数,装于自封袋内待分别测定IMP(肌苷酸)含量、IMP前体物ATP(腺苷三磷酸)、ADP(腺苷二磷酸)和AMP(腺苷一磷酸)、IMP降解物Hx(次黄嘌呤)和HxR(肌苷)、ATP总代谢物含量及反映肉食品新鲜度的K值。放血屠宰及样品分装在1h内完成,故将1h测定值作为起始值。

表1 不同贮藏条件下IMP含量的变化

Table 1 The changes of IMP contents in the different storage conditions

温度	18℃						-18℃
时间	1h	2h	4h	8h	16h	24h	15d
IMP含量/(mg/g)	1.41±0.23 ^{ab}	1.75±0.36 ^{bc}	2.00±0.63 ^c	1.25±0.20 ^{ad}	0.96±0.08 ^{de}	0.77±0.08 ^e	1.75±0.11 ^a
温度	4℃						-18℃
时间	8h	16h	24h	3d	5d	7d	30d
IMP含量/(mg/g)	0.83±0.29 ^a	1.28±0.36 ^{bc}	1.46±0.36 ^c	1.20±0.33 ^{bc}	1.05±0.24 ^{ab}	1.03±0.18 ^{ab}	1.81±0.09 ^a

注:同一贮藏温度,同行数据肩标不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$),相同小写字母表示差异不显著($p > 0.05$)。

IMP含量的变化见表1。18℃和4℃贮藏条件下IMP的含量都随着贮藏时间的延长先升后降,呈相似的变化趋势,18℃条件下IMP含量在4h时含量达最高测定值,高出1h 42.4%,并与其他时间点差异显著($P < 0.05$),其后随着时间的延长含量迅速降低,16h后即下降到4h的50%以下;4℃贮藏条件下在24h达到最高值,和1h时相当,高出8h时的77%,其后随着时间的延长含量逐渐降低,7d后降为24h的70.2%,24h时和8h、5d、7d之间呈现出显著差异($P < 0.05$)。-18℃贮藏条件下的IMP含量在2个测定时间点间变化不大,其15d和30d的测定值分别比18℃下1h的测定值高24.3%和28.9%。

2.2 IMP前体物含量的变化

ATP、ADP和AMP是IMP的前体物,实验中检测到的IMP前体物含量均较低,18℃下IMP前体物总量以2h最高,比1h高44.1%,其后逐渐下降,8h下降为最高值的57.9%,24h后仅为最高值的25.9%。

1.2 方法

样品贮藏温度设计为18℃、4℃和-18℃3个水平;贮藏温度18℃时于宰后1h、2h、4h、8h、16h、24h进行测定,4℃时于8h、16h、24h、3d、5d、7d进行测定,-18℃时于15d、30d进行测定。采用高效液相色谱法测定肌苷酸、IMP前体物、IMP降解物、ATP总代谢物及K值,方法同王述柏^[4],测定仪器为HP1100高效液相色谱仪。K值计算公式如下:

$$K = (\text{HxR} + \text{Hx}) / (\text{ATP} + \text{ADP} + \text{AMP} + \text{IMP} + \text{HxR} + \text{Hx}) \times 100\%$$

1.3 数据处理

采用SPSS16.0软件对实验数据进行方差分析,组间显著性检验用Duncan法多重比较。

2 结果与分析

不同贮藏条件下武定鸡胸肌IMP及相关核苷酸的含量比较列于下表中。各组数据以平均值(AV)±标准差(SD)表示。

2.1 IMP含量的变化

4℃下IMP前体物总量在24h达最高值,并与8h、3d、5d、7d差异显著($P < 0.05$),其后呈下降趋势。-18℃贮藏条件下前体物总量在15d和30d之间变化微小(表2)。

2.3 IMP降解物含量的变化

IMP降解物含量的变化见表3。IMP降解物包括Hx和HxR。18℃下Hx含量在4h达到最高值,其后逐渐下降,而HxR的含量随时间的增加而升高,并在4h到8h之间大幅度升高,其后趋于平缓。降解物总量在16h达到最高值,高出1h时87.5%。4℃贮藏条件下IMP降解物总量随着时间的延长逐渐升高,并在5d时与8h、16h、24h间呈现显著差异($P < 0.05$)。-18℃贮藏条件下IMP降解物含量在15d和30d之间没有明显差别,同时发现与18℃、4℃两个贮藏温度不同的是IMP降解物含量在贮藏15d后明显低于IMP前体物含量。

表 2 不同贮藏条件下 IMP 前体物含量的变化 (mg/g)

Table 2 The changes of IMP precursors contents under the different storage conditions

温度	18℃						-18℃
时间	1h	2h	4h	8h	16h	24h	15d
ATP	0.36±0.17 ^{ab}	0.59±0.18 ^c	0.69±0.20 ^c	0.40±0.19 ^b	0.27±0.06 ^{ab}	0.20±0.13 ^a	0.70±0.09 ^a
ADP	0.33±0.15 ^{ab}	0.50±0.27 ^b	0.40±0.08 ^{ab}	0.27±0.17 ^{ac}	0.15±0.15 ^c	0.12±0.15 ^c	0.65±0.08 ^a
MP	0.33±0.31 ^a	0.38±0.23 ^a	0.26±0.27 ^{ab}	0.18±0.19 ^{ab}	0.06±0.02 ^b	0.06±0.03 ^b	0.10±0.04 ^a
IMP 前体物	0.96±0.60 ^{ac}	1.46±0.51 ^b	1.35±0.37 ^{bc}	0.85±0.44 ^{ad}	0.47±0.21 ^{de}	0.38±0.25 ^e	1.44±0.05 ^a
温度	4℃						-18℃
时间	8h	16h	24h	3d	5d	7d	30d
ATP	0.28±0.16 ^a	0.36±0.19 ^{ab}	0.54±0.22 ^b	0.34±0.15 ^a	0.29±0.13 ^a	0.30±0.15 ^a	0.78±0.06 ^a
ADP	0.22±0.11 ^{ab}	0.34±0.17 ^b	0.28±0.26 ^{ab}	0.13±0.19 ^{ac}	0.029±0.03 ^c	0.02±0.03 ^c	0.51±0.11 ^b
MP	0.05±0.03 ^a	0.06±0.04 ^a	0.08±0.03 ^a	0.06±0.03 ^a	0.07±0.03 ^a	0.08±0.06 ^a	0.17±0.09 ^b
IMP 前体物	0.54±0.28 ^{ab}	0.77±0.28 ^{bc}	0.91±0.41 ^c	0.54±0.34 ^{ab}	0.38±0.16 ^a	0.40±0.23 ^a	1.46±0.12 ^a

注：同一贮藏温度，同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 (p<0.05)，相同小写字母表示差异不显著 (p>0.05)。

表 3 不同贮藏条件下 IMP 降解物含量的变化 (mg/g)

Table 3 The changes of IMP degradation products under different storage conditions

温度	18℃						-18℃
时间	1h	2h	4h	8h	16h	24h	15d
Hx	1.27±0.21 ^{ab}	1.59±0.41 ^b	1.62±0.56 ^b	1.39±0.38 ^{ab}	1.13±0.19 ^{bc}	0.80±0.20 ^c	0.29±0.08 ^a
HxR	0.28±0.21 ^a	0.41±0.28 ^{ab}	0.74±0.94 ^{abc}	1.50±1.76 ^{bc}	1.77±0.93 ^c	1.86±1.02 ^c	0.20±0.09 ^a
IMP 降解物	1.50±0.23 ^a	1.99±0.22 ^{ab}	2.36±0.77 ^{ab}	2.89±1.88 ^b	2.90±1.01 ^b	2.66±1.19 ^b	0.49±0.11 ^a
温度	4℃						-18℃
时间	8h	16h	24h	3d	5d	7d	30d
Hx	0.62±0.09 ^a	0.77±0.24 ^{ab}	0.89±0.37 ^{abc}	0.98±0.23 ^{abc}	1.14±0.34 ^{bc}	1.20±0.52 ^c	0.35±0.09 ^a
HxR	0.60±0.22 ^a	1.13±0.35 ^{ab}	1.46±1.29 ^{ab}	1.98±0.93 ^{bc}	2.53±0.62 ^c	2.86±1.04 ^c	0.22±0.06 ^a
IMP 降解物	1.22±0.30 ^a	1.90±0.27 ^{ab}	2.36±1.59 ^{ab}	2.97±1.02 ^{bc}	3.67±0.82 ^c	4.06±1.51 ^c	0.56±0.130 ^a

注：同一贮藏温度，同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 (p<0.05)，相同小写字母表示差异不显著 (p>0.05)。

表 4 不同贮藏条件下 ATP 总代谢物含量和 K 值的变化 (mg/g)

Table 4 The changes of the total ATP metabolites and K value under different storage conditions

温度	18℃						-18℃
时间	1h	2h	4h	8h	16h	24h	15d
ATP 总代谢物	3.87±0.79 ^a	5.21±0.77 ^{bc}	5.71±1.08 ^c	4.99±1.90 ^{abc}	4.34±0.95 ^{ab}	3.81±1.16 ^a	3.39±0.85 ^a
K 值	0.39±0.08 ^a	0.38±0.05 ^a	0.41±0.09 ^a	0.58±0.18 ^b	0.67±0.12 ^{bc}	0.70±0.15 ^c	0.13±0.03 ^a
温度	4℃						-18℃
时间	8h	16h	24h	3d	5d	7d	30d
ATP 总代谢物	2.59±0.83 ^a	3.95±0.61 ^{ab}	4.73±1.68 ^b	4.70±1.52 ^b	5.10±1.20 ^b	5.49±1.38 ^b	3.83±0.22 ^a
K 值	0.47±0.06 ^a	0.48±0.09 ^a	0.50±0.15 ^a	0.63±0.10 ^b	0.72±0.03 ^b	0.74±0.16 ^b	0.15±0.03 ^a

注：同一贮藏温度，同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 (p<0.05)，相同小写字母表示差异不显著 (p>0.05)。

2.4 ATP 总代谢物含量的变化

贮藏温度 18℃时 ATP 总代谢物含量在 4 h 达到最高值，比 1 h 时高 43.8%，其后逐渐降低，除去 1 h 时测定值之外，其他各时间点间差异不显著。4℃贮藏条件下 ATP 总代谢物含量随测定时间延长而增加，24 h 前上升幅度较大，24 h 后缓慢上升，5 d 后代谢物

总量接近 8 h 含量的 2 倍。-18℃贮藏条件下的 ATP 代谢物总量在 15 d 和 30 d 之间变化不大 (表 4)。

2.5 K 值的变化

18℃下 K 值在 4 h 前变化差异不显著，4 h 时相比于 1 h 仅增 5.9%，但在 8 h 后 K 值出现显著差异 (P<0.05)，8 h 时增 49%，16 h 时增 72%。4℃下 K

值在 8 h、16 h、24 h 与 3 d、5 d、7 d 之间差异显著 ($P < 0.05$), 相比于 8 h, 24 h 前 K 值的变化差异不明显, 24 h 时仅增 5.7%, 但 3 d 后 K 值增 34%, 5 d 时增 53%。-18 °C 贮藏条件下的 K 值在 15 d 和 30 d 内没有明显差别, 但却明显低于 18 °C 和 -18 °C 的 K 值 (表 4)。

3 讨论

动物肌肉中的肌苷酸是由于动物肌肉中的 ATP 在肌肉的成熟过程中受胞内 ATP 酶的作用分解而成的, 动物屠宰后, ATP、ADP 和 AMP 在酶的作用下开始降解反应, $ATP \rightarrow ADP \rightarrow AMP \rightarrow IMP$, IMP 在酶作用下继续分解, $IMP \rightarrow HxR \rightarrow Hx$ ^[5], 从而酶的蛋白型决定了其作用具有时间性, 并受温度影响较大^[6]。Davidek^[7]等曾对屠宰后 24 h 内的鸡胸肉(冰鲜贮藏)IMP 及其相关核苷酸含量进行过研究, 发现鸡宰杀后 ATP 浓度迅速下降, 在鸡肉里 ATP 形成 IMP 的代谢途径中, IMP 的浓度最高, 且受贮藏温度和贮藏时间的影响较大。陈国宏^[8]对京星黄鸡室温贮藏条件下 (23~25 °C) 的 IMP 含量进行测定, 在 2 h 达到最高值; 徐旭等^[9]对三黄母鸡 15 °C 贮藏条件下的 IMP 含量进行测定, 在 4 h 达到最高值。Khan 等^[10]研究表明, 肌苷酸在 0 °C、5 °C、10 °C 下贮存, 随温度升高, 肌苷酸降解速度加快; 在 -5 °C 贮存, 肌苷酸降解所需的酶活性较低, 故可有效抑制肌苷酸的降解。陈继兰等^[11]研究报道贮藏时间和温度对鸡肉 IMP 的降解速率有显著影响, 温度越高, 时间越长, IMP 含量越低。王述柏等^[12]研究贮藏条件对北京油鸡肌肉肌苷酸含量的影响, 得出肉在贮藏过程中, 不论温度高低 IMP 都会发生降解, 且温度对其降解率有显著影响, 同时, 贮藏温度越低, IMP、Hx、HxR 含量变化越小, 但其前体物 ATP、AMP、ADP 含量低且低温贮藏也不同程度的减少, 这与其降解酶活性有关。王玉等^[13]研究不同贮藏条件下鸡肉肌苷酸降解规律, 得到低温可有效的抑制 IMP 的降解。

本试验结果中, 18 °C 贮藏条件下, IMP 含量在 4 h 达到最高测定值, 16 h 后即下降到 4 h 的 50% 以下, 24 h 后只剩下 4 h 的 38.6%; 4 °C 贮藏条件下 IMP 含量在 24 h 达到最高测定值, 7 d 后降为 24 h 的 70.2%; -18 °C 贮藏条件下 IMP 含量在 30 d 内变化不大, 并有随时间延长升高的趋势。可见, 低温冷冻是长时间维持肉品鲜度的有效贮藏方法, 与前人的研究结果一致。

18 °C 下 IMP 前体物总量以 2 h 最高, 其后逐渐下降, 24 h 后仅剩最高值的 25.9%。4 °C 下 IMP 前体物总量在 24 h 达到最高值, 其后呈下降趋势。两个贮藏

温度下的 IMP 前体物含量变化趋势类似, 且与 IMP 含量的变化趋势图相仿, 说明贮藏温度越高, IMP 前体物生成 IMP 越迅速, 同时肌肉中 IMP 前体物含量直接影响到 IMP 的生成含量。18 °C 贮藏条件下 IMP 降解物含量在 16 h 达到最高值, 4 °C 贮藏温度下 IMP 降解物含量的变化趋势在测定时间范围内一直处于上升趋势, 与 18 °C 贮藏条件下 8 h 前相似, 而 -18 °C 条件下 IMP 降解物含量变化在 15 d 和 30 d 之间变化微小, 同时可以发现和 18 °C、4 °C 两个贮藏温度不同的是, IMP 降解物含量明显低于 IMP 前体物含量。这说明在贮藏温度越低, IMP 降解速度越缓慢, 而在 -18 °C 冷冻条件下, IMP 一个月内的降解微乎其微。在实验中, -18 °C 贮藏条件下 15 到 30 d 时的 IMP、IMP 前体物、IMP 降解物和 ATP 总代谢物变化微小, 说明低温抑制了 IMP 在贮藏过程中的降解。

IMP 含量的变化反映肉品的新鲜度, 采用 K 值来衡量^[14]。18 °C 贮藏条件下和 4 °C 贮藏条件下 K 值的曲线外形相似, 随着测定时间点的延长逐渐升高, 18 °C 下 4 h 前 K 值的变化仅比鲜肉 (1 h) 增大 5.9%, 但在 8 h 时比鲜肉增大 49%, 16 h 时比鲜肉增大 72%。4 °C 下 K 值在 24 h 时仅增大 5.7%, 7 d 时增大 57%。而 -18 °C 贮藏条件下 15 d 和 30 d 时的 K 值与其它值之间反差较大, 出现比较低的值。正说明贮藏温度越低, 肉品的新鲜度保持的时间越长久, 低温冷冻是肉品持久保鲜的有效手段, 这与王述柏^[12]、野歧义孝^[15]的报道一致。

随着畜牧业生产能力的提高及国内外畜禽育种研究工作的不断深入, 对于肉品质, 特别是风味特性的研究越来越重视。从风味物质肌苷酸入手研究, 研究其在鸡肌肉中贮藏时的生成降解规律, 对于开发改善鸡肉品质具有重要的理论和实践意义。在所有影响肌苷酸含量的因素当中, 遗传因素是一个关键的、重要的影响因素^[16]。云南省所具有的气候多样性、生物多样性和民族多样性, 形成了地方鸡种资源丰富, 地方品种肉品质优良, 拥有得天独厚的畜禽遗传资源, 结合地方特色研究武定鸡肌肉中鲜味物质贮藏期的生成降解规律, 对于地方鸡种资源的开发和利用, 发展“安全、优质、高效”畜产品为目标的优质畜牧业具有重要意义。

4 结论

温度对武定鸡肌肉 IMP 的降解率有显著影响, 贮藏温度越低, IMP 的降解速度越慢, ATP 的整体代谢过程持续时间越长, 低温抑制了 IMP 在贮藏过程中的降解。

ATP到IMP的反应过程是很快完成的,与IMP的分解速度相比,受贮藏温度的影响较小。

参考文献

- [1] 陈勇.武定鸡的开发利用与品种资源保护[J].云南农业,2008,5:35-36
- [2] 云南省畜牧局.云南家畜家禽品种志[M].昆明:云南科技出版社,1987
- [3] 罗桂芬,孙世铎,陈继兰,等.肉类风味物质:肌苷酸[J].中国家禽,2004,26(3):41-43
- [4] 王述柏.鸡肉肌苷酸沉积规律及营养调控研究[D].中国农业科学院博士论文,2004
- [5] Tsai R, Cassens R G, Briskey E J, et al. Studies on Nucleotide Metabolism in Porcine Longissimus Muscle Postmortem [J]. J Food Sci., 1972, 37: 612-616
- [6] Schreurs. Post-Mortem Changes in Chicken Muscle [J]. World's Poultry Science Journal, 2000, 56(12): 319-346
- [7] 孙玉民. 畜禽肉品学[M].山东科技出版社,1992
- [8] Terasaki M, Kajikawa, Fujita E. Studies on the flavor of meats. Part1. Formation and degradation of inosinic acids in meats [J]. Agric Biol Chem, 1965, 29(3): 208-215
- [9] Farmer L J. Poultry meat science [M]. New York: CAB International, 1999
- [10] Khan A, Wavidek J D, Lentz C P. Degradation of Inosine Acid in Chicken Muscle During Aseptic Storage and Its Possible Use as an Index of Quality [J]. J Food Sci, 1968, 33: 25-27
- [11] 陈继兰,文杰,李建军,等.不同贮藏条件下鸡肉肌苷酸生成与降解规律的研究[J].畜牧兽医学报,2004,35(3):276-279
- [12] 王述柏,文杰,陈继兰,等.不同贮藏条件对北京油鸡肌肉鲜味化合物含量的影响研究[J].畜牧兽医学报,2004,35(3): 276-279
- [13] 王玉,刘树军,汪艳,等.不同贮藏条件下鸡肉肌苷酸降解规律的研究[J].食品科学,2008,29(4):412-414
- [14] 陈继兰.鸡肉肌苷酸和肌内脂肪含量遗传规律及相关候选基因的研究[D].中国农业大学博士论文,2004
- [15] 野崎义孝.鸡肉的鲜度与K值(上), (下) [J].国外畜牧科技, 1994,21(3):31-32,21(4):32-34
- [16] 陈国宏,侯水生,吴信生,等.中国部分地方鸡肌肉肌苷酸含量研究[J].畜牧兽医学报,2000,31(3):211-215