肌苷酸的研究现状及展望

The Research Status and Potential Using of IMP

吕东坡　朱仁俊
（云南农业大学　食品科学技术学院　昆明　650201）

摘　要：本文主要从发展历史、特性、检测技术以及在食品科学和动物科学中应用等方面对目前肌苷酸的研究现状进一概述，并简要介绍了影响肌苷酸降解和生成的酶系和工业中生产肌苷酸的方法原理。针对目前的研究进展，并从检测技术、遗传育种、食品加工和评价新鲜度方面提出需要进一步解决的问题和研究发展方向。

关键词：肌苷酸；检测；酶；新鲜度

Abstract: This paper mainly from the development history, characteristics, detection technology, and in food science and animal science applications introduced inosinic acid present status of research and gave a briefing on the impact of inosinic acid degradation and the generation and industrial enzyme inosine monophosphate production of principle. In view of the current progress of the studies, and from the testing technology, genetics and breeding, food processing and evaluation was made of fresh need to be further addressed the issue and further research and development direction.

Keywords: IMP; testing; enzyme; freshness

中图分类号：TS202.3　文献标识码：A
文章编号：1001-8123 (2007)11-0012-04

目前越来越多的研究证实肌苷酸(inosinc acid, inosinemonpho sphate, IMP)具有风味特性。近年来，国内外学者大量研究也表明，鸡肉质鲜味特性的主要物质基础是由肌苷酸所决定[1]。如何解决人类在汲取丰富营养物质的同时，又能实现增强口感和食欲的问题，一直是畜牧业生产肩负的历史重任。

1 肌苷酸的研究现状

1.1 发展历史[2]

19世纪中叶，德国的liebig博士从牛肉汤中分离出肌苷酸；1913年，日本的小玉新太郎证实肌苷酸及其盐类具有鲜味；1960年利用微生物发酵方法生产肌苷酸和鸟苷酸等核苷酸类食品增味剂取得成功，使食品增味剂的生产发展到一个新的水平。

1.2 肌苷酸的特性研究

IMP($C_{10}H_{11}N_4O_8PNa_2 \cdot 7.5H_{20}$)为白色细结晶，不吸湿，易溶于水。结晶状态的IMP稳定性较好，在水溶液和碱溶液中也稳定，但在酸性(pH小于4)溶液中稳定性较差，加热易发生降解(陈锦萍，2000)。味鲜，无臭，在乙醇或者其他有机溶剂中溶解度极小。

肌苷酸主要由肌肉中的ATP降解而产生[3]。肌苷酸型鲜味剂属于芳香杂环化合物。据报道，其化学结构中嘌呤环上6—位上的羟基和核糖部

万方数据

分5'—位上的磷酸酯化是产生鲜味的必需基团(Kuninaka等，1964；Wagner等，1963)；Yamaguchi等(1998)报道，核糖骨架和磷酸是肌苷酸型鲜味剂必不可少的定味基，嘌呤环上2位和6位上的取代基是其助味基。肌苷酸作为鲜味物质，主要是由于5—肌苷酸与谷氨酸钠之间有强正相关，5—肌苷酸和谷氨酸钠以1∶5至1∶20的比例混合，可以使谷氨酸钠的鲜味增加6倍。核苷酸对甜味又增效作用，对腥味焦味苦味、酸味有消杀作用。对酸、苦味有消杀作用，其机理可能是螯合作用的原因，即由于核苷酸把金属离子从鲜味感觉部位除去，而使谷氨酸钠在味觉神经上有效地作用[4]。

1.3 肌苷酸的检测技术

目前测定肌肉组织中肌苷酸含量的方法有薄层层析法、高压电泳+紫外分光光度法和高效液相色谱法等。其中，以磷酸—乙胺缓冲溶液为流动相的反相液相色谱法已成为当前肌肉组织中肌苷酸含量测定的常用方法。刘望夷、苏淑贞等(1980)曾用薄层层析法测定了猪、鸡和其它动物肌肉中肌苷酸的含量；尚四华等[13](2001)用紫外吸光光度法与高压纸电泳法联合的方法测定了肌苷口服液中肌苷酸的含量；宋焕禄等[7]人(2002)用反相高效液相色谱法测定了固始鸡、AA鸡、中华宫廷黄鸡肌肉中肌苷酸的含量。

1.4 肌苷酸在动物科学和食品科学中的研究现状

近几年，国外内学者对肌苷酸进行了大量的研究。李建凡等、黄梅楠等(1994)分别测定不同鸡品种胸肌中肌苷酸含量，发现品种、性别、日龄及组织等对肌苷酸含量有不同程度的影响。刘望夷(1980)、苏淑贞、Davidek J[16]和Khan A.W.，Chow I. S.和Jacobsor等人曾用薄层层析法测定了猪、鸡和其它动物肌肉中肌苷酸的含量，发现品种、性别、日龄及组织等对肌苷酸含量有不同程度的影响；陈国宏等用反相高效液相色谱法对不同地方鸡种肌肉中肌苷酸含量进行比较研究，在所分析的狼山鸡、肖山鸡、白耳鸡、泰和乌骨鸡、北京油鸡五个地方品种以及杂交后代中，发现泰和乌骨鸡肌苷酸含量很高，这一结论从客观上提示了乌骨鸡鲜味优于其它鸡种的原因所在。李慧芳等对泰和乌骨鸡肌苷酸含量变化规律进行统计分析，发现不同的物种在同样的条件下所形成的肌苷酸的含量差异很大，他们还发现肌肉IMP含量随年龄和体重的增加而逐渐减少，这一结论与李建凡、陈国宏等的报道一致，另外他们发现胸肌IMP含量比腿肌的高，这与刘望夷(1980)、陈国宏(1997)、徐日福等的报道一致。王述柏等[14](2004)对影响肌苷酸生成降解的各因素进行了系统的研究；陈继兰等[15](2004)，从遗传育种方面对其进行了大量的研究。

肌苷酸自被发现以来，国外学者从食品科学、生物化学、生理和营养学等角度对其进行了广泛的研究，研究结果主要有如下几方面[14]：已确定肉品中肌苷酸主要来源于ATP的降解；影响肌苷酸稳定性的因素主要是温度、pH和酶的作用；不同种类的动物肌苷酸的含量有较大差异；确定了肌苷酸的化学性质及在食品中的安全性；确定了肌苷酸与谷氨酸型鲜味剂的协同作用及对食品风味的影响；生理学研究发现，肌苷酸在口腔的敏感位置主要是舌后部，舌咽神经起主要作用，但对其神经刺激在体内的转导机制有待研究；在食品工业中，已将肌苷酸作为鲜味增强剂使用。

2 与肌苷酸生成降解有关的酶系[14]

2.1 ATP酶

ATP酶活性是ATP分解速度的决定因素，酶的活性中心是半胱氨酸的—SH基，Mg^{2+}是—SH基抑制剂，Ca^{2+}是其激活剂。

2.2 5'—AMP脱氨酶(AMPD)

AMPD存在于人及动物的很多组织中，其活性中心有组氨酸残基和色氨酸残基(Mardanyan等，1998)。5'—AMPD催化AMP脱氨生成IMP和NH_3的反应是不可逆的，因此，AMPD是嘌呤核苷酸降解反应中的关键酶之一(Sarkissoua等，1999)。ATP、ADP和AMP是其激活剂，而GTP和磷酸是其抑制剂，N—四溴酚酞磺酸钠可导致其色氨酸残基和—SH基氧化，酶不可逆失活；AMPD的最适pH为5.9，其活性稳定的pH范围在5.7~6.3之间。在15~37℃范围内，随温度升高其活性增强，温度高于40℃，易变性失活，55℃活性下降75%，最适温度是37℃。

2.3 IMP降解酶

研究表明，IMP的降解反应主要由5'—核苷酸酶、碱性磷酸酶和酸性磷酸酶催化。核苷酸酶水

万方数据

解(Herbert.1992)。根据其在细胞中的位置，5'—核苷酸酶主要分为两类，一是胞浆型，二是膜结合型(Marseno等,1993；Josef等,1985)等。Marseho等报道，Cu^{2+}对膜结合型活性有抑制作用，Mg^{2+}对膜结合型和胞浆型都有激活作用，Ba^{2+}和Ni^{2+}对两种类型的5'—核苷酸酶活性都有抑制作用；L-抗坏血酸和MSG对膜结合型有激活作用，而对胞浆型有较轻抑制作用；抗氧化剂丁基羟基茴香醚(BHA)对两种类型活性都有抑制作用，二丁基羟基甲苯(BHT)和苯甲酸对胞浆型有轻度抑制作用，而对膜结合型有激活作用，另外，ATP、ADP和腺苷对膜结合型酶有显著抑制作用，肌苷和次黄嘌呤的抑制作用较小。目前，国内尚缺乏对动物组织中5'—核苷酸酶的特性研究。

2.4 磷酸酶

磷酸酶在各种生物组织中广泛存在。其主要作用是催化水解磷酸单酯键，属非特异性酶，对大量的磷酸单酯化合物都有催化活性；根据最适pH的不同，分为碱性磷酸酶和酸性磷酸酶，碱性磷酸酶最适pH为8^{-10}，Mg^{2+}和Mn^{2+}是其激活剂，磷酸、Zn^{2+}、Be^{2+}、As^{4-}、CN^{-}、草酸盐及巯基化合物等是其抑制剂。酸性磷酸酶最适pH为4.9～5.0，酒石酸、氟化物、草酸、Cu^{2+}是其抑制剂；碱性和酸性磷酸酶都不能水解磷酸二酯类(Chander等，2001)，磷酸酶的活性在中性pH下较低(Tosef等，1985)。有关这类酶对肉品IMP的降解作用报道较少。Yoichi等(1986)报道，兔肉中碱性磷酸酶和酸性磷酸酶的活性比牛肉高2～3倍，认为这是兔肉IMP降解速度比牛肉快的主要原因。通过调整饮食中的矿物元素水平，可改变动物体内碱性磷酸酶的活性，而酶的活性直接影响IMP的降解速度。因此，研究动物饮食成分对IMP降解酶活性的影响，可能发现影响动物肌肉IMP稳定性的机理。

3 肌苷酸的工业生产[2]

肌苷酸作为鲜味剂已经被广泛应用。肌苷酸一般是用微生物发酵的方法生产，能产生肌苷酸的菌株有：短小芽胞杆菌、产氨短杆菌、枯叶芽胞杆菌、谷氨酸棒杆菌、某种链霉菌等。

3.1 培养基

碳源：工业生产上使用淀粉水解糖或处理过的糖蜜作为碳源，一般培养基中糖浓度为12%。

氮源：常用的有硫酸铵、氯化铵、尿素、酵母粉豆饼水解液等。

无机盐：食用的无机盐主要有磷酸盐、镁盐、铁盐、锰盐等其中以磷酸盐对发酵影响最大

3.2 发酵条件

用氨水或液氨调节pH6.2～7.0范围；

温度32～34℃；

$10m^3$发酵罐，搅拌转速为160～180r/min；

通风量1：0.2左右；

接种量5%～10%。

3.3 提取工艺

发酵液→732#阳离子交换柱→769#活性炭吸附→浓缩→结晶→过滤→肌苷粗品→加热溶解→脱色→重结晶→成品

4 肌苷酸的研究前景

随着科研工作者的研究不断深入，已经从肌苷酸的降解规律、检测方法、风味评价等方面有了不同程度的了解，但是还有许许多多的方面我们还不够了解，还需要进一步深入研究。

4.1 检测方面

目前测定肌肉组织中肌苷酸含量的方法有薄层层析法、高压电泳+紫外分光光度法和高效液相色谱法等。其中，以磷酸—乙胺缓冲溶液为流动相的反相液相色谱法已成为当前肌肉组织中肌苷酸含量测定的常用方法。然而，该测定方法的相对标准偏差和回收率在已报道的试验研究差异较大，反映出该方法可能存在一定的缺陷。对于完善液相色谱法，找到比较稳定的最佳色谱条件，需要科研工作者进一步研究。利用液相色谱法对于操作要求比较严格，是否有操作比较简单、花费较少、耗时较少的方法呢？这也有待进一步研究。

4.2 遗传育种方面

当前国内对肌肉中肌苷酸的研究报道，较多的是在生理、病理、免疫、神经领域。而对作为肉品质重要指标的肌苷酸在各个品种的变化规律及与其它肉品质、生化指标的相关性却未进行过系统性研究，仍是一个空白。研究肌苷酸的沉积规律，并从遗传育种和饲养管理方面改善肌苷酸的沉积，从而改善肉的品质，这是动物学家们的努力方向。

万方数据

4.3 食品加工方面

对于加工方面影响肌苷酸含量的因素的研究，国内还未从正规刊物上见报道（王述柏2004年的博士毕业论文中提到微波、加热对肌苷酸含量的影响）。对于加工方法、包装方法以及贮藏方法和食品中其他物质的存在对肌苷酸含量的影响，这需要食品科研工作者进一步深入研究，以揭示其规律，改善食品的风味。

4.4 评价新鲜度方面

用肌苷酸来评价肉的新鲜度，是肌苷酸研究发展的一个方向。这一方面的研究国外比较深入，现在国内此方面的报道很少。李燕等[8](2002）曾用肌苷酸和肌苷来评价虾的新鲜程度，王胜利等(2004）探索了腺苷酸含量与硫化氢和细菌总量的关系。用肌苷酸和肌苷的含量占腺苷酸总量的比例作为评价系数K

K值的定义为：

$$\frac{HxR+Hx}{ATP+ADP+AMP+IMP+HxR+Hx}$$

对“不同贮藏条件下鸡肉肌苷酸生成与降解规律的研究”（陈继兰，2004）中数据进行分析表明系数K与时间有良好的相关性。研究系数K与挥发性盐基氮、组胺等肉的腐败指标和细菌总数的相关性，并与之建立数学模型，仅测量系数K便知道细菌总数和挥发性盐基氮、组胺等的含量，这样即可节省测量时间，还可节省测量成本。

5 结语

目前对肌苷酸的生成降解机理基本上成熟，而对于遗产育种和食品加工方面的研究工作才刚刚起步，对于评价肉新鲜度方面国内还未见报道，这需要动物营养学家和食品工作者携手合作。

参考文献

[1] 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．

[2] 王富源．现代食品发酵技术[M]．北京：中国轻工业出版社．2001．427～443．

[3] 陈继兰，文杰．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．

[4] 张海艳，于太永．肌苷酸形成机理及其含量影响因素浅析[J]．农业科技导报：2006，6 (3)，17～21．

[5] 李家胜，陈民利．高效液相色谱法测定畜禽肌肉中的肌苷酸含量[J]．浙江农业大学学报，1998，24(3)，295～296．

[6] 郭蔼光主编．基础生物化学[M]．北京：高等教育出版社．2002．289～304．

[7] 宋焕禄，张建，赵环环．几种鸡肌肉中肌苷酸(IMP)的测定[J]．食品科学，2002，23(2)：103～105．

[8] 李燕，周培根，戚晓玉．肌苷酸和肌苷作为评价虾鲜度质量指标的研究[J]．上海水产大学学报，2002，11(3)：264～267．

[9] 李慧芳，陈国宏，吴信生，等．动物肌肉肌苷酸研究进展[J]．动物科学与动物医学，1999，16(4)：6～7．

[10] 苏一军，李慧芳，沈晓鹏，等．不同类鸡肌肉肌苷酸含量分析和比较[J]．中国家禽，2002，24(23)：9～10．

[11] 吴莹莹，李文英．高效液相色谱法测定肌肉中肌苷酸的含量[J]．食品科学，2005，(26)12，191～193．

[12] 裘立群，刘华琳，黄化成．高效液相法快速测定畜禽肌肉中肌苷酸含量[J]．山东畜牧兽医，2002，(1)：23～23．

[13] 尚四华．肌苷和肌苷酸测定的新方法研究[J]．理化检验化学分册．2001，(37) 10，463～464．

[14] 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．

[15] 陈继兰．中国农业大学博士论文．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]．2004．

[16] Davidek J.，Khan A.W.Estimation of Inosinic Acid in Chicken Muscle and its Formation and Degradation During Post-mortemAging．J Food Science，1967，32(2)：155～157．

[17] 周光宏主编．肉品学[M]．北京：中国农业科技出版社．1999．

万方数据