

肉类过敏研究进展

吴欣怡¹, 陈 颖², 王 玮^{1*}

- (1. 南京农业大学食品科技学院/国家肉品质量安全控制工程技术研究中心/农业农村部肉及肉制品质量监督检验测试中心(南京), 南京 210095;
2. 中国检验检疫科学研究院, 北京 100176)

摘 要: 近年来食物引起的过敏性疾病发病率持续增高, 已成为一种严重的食品安全和公共卫生问题。肉类食物作为人类的重要食物来源之一, 其市场不断扩大, 与此同时, 肉类引起的食物过敏也逐渐增加。肉类过敏是 IgE 介导的 I 型变态反应, 发病速度快, 可引发多种不同的临床症状, 除了食物过敏的基本症状外, 还可造成皮肤、呼吸系统疾病。此外, 近年来还发现了一类新型肉类过敏疾病, 与传统肉类过敏不同, 其发病过程表现为延迟发作。本文综述了近年来肉类过敏的研究进展, 介绍了几种肉类过敏性疾病及致敏机理, 并综述了导致哺乳动物肉类过敏的过敏原以及肉类过敏评估方法。

关键词: 肉类过敏; 血清白蛋白; α -半乳糖; 免疫球蛋白; 致敏性; 评估

Research progress of meat allergy

WU Xin-Yi¹, CHEN Ying², WANG Wei^{1*}

- (1. College of Food Science and Technology/National Center of Meat Quality and Safety Control/ Supervision, Inspection and Testing Center for Quality of Meat-products(Nanjing), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
2. Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China)

ABSTRACT: In recent years, the incidence rate of food-induced allergic diseases has continued to increase, and it has become a serious food safety and public health problem. Meat is one of the most important food sources for human beings, meat market is expanding continuously. Meanwhile, food allergies caused by meat are gradually increasing. Meat allergy is a type I hypersensitivity mediated by IgE. It has a rapid onset and can cause a variety of clinical symptoms. In addition to the basic symptoms of food allergies, it can also cause skin and respiratory diseases. Besides, a new type of meat allergy has been discovered in recent years. Unlike traditional meat allergies, its pathogenesis is manifested as delayed onset. In this paper, the research progress of meat allergy in recent years is reviewed, several kinds of allergic diseases and sensitization mechanisms of meat are introduced, and the allergens that cause meat allergy in mammals and the methods of meat allergy assessment are reviewed.

KEY WORDS: meat allergy; serum albumin; α -Gal; immunoglobulin; allergenicity; assessment

基金项目: 国家自然科学基金项目(31501395)

Fund: Supported by the National Natural Science Foundation of China (31501395)

*通讯作者: 王玮, 副教授, 主要研究方向为食品质量安全控制。E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn

*Corresponding author: WANG Wei, Associate Professor, College of Food Science and Technology, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210095, China. E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn

1 引 言

食物过敏又称食物变态反应,是指机体摄入某种食物中特异性蛋白后引发的特异性免疫反应^[1]。据报道,全世界约有 8%的儿童和 4%的成年人患有食物过敏症^[2]。目前,食物过敏原已确定的有 180 种以上,其中 90%以上的食物过敏原来自花生、大豆、小麦、坚果类、鱼、牛奶、鸡蛋和甲壳类食物^[3]。肉类引起的食物过敏却比较罕见,但最近报告显示,肉类过敏现已成为一种新的食品安全问题和国际性公共卫生问题^[4,5],其过敏人群在食物过敏总人群中约占 8.2%^[6]。肉类过敏反应主要涉及到肠胃系统、呼吸系统和皮肤等,严重时还能引起过敏性休克,甚至是危及生命^[7]。目前,国外对肉类过敏的研究较多,且主要集中在红肉过敏,但国内却鲜有报道。本文综述了不同肉类的过敏反应,并从生物学和生物化学角度重点介绍了一些主要的哺乳动物肉类过敏原的研究进展以及以体外诊断为主的肉类过敏评估方法,以期为进一步的肉类过敏研究提供参考。

2 肉类过敏反应及致敏机理

禽类和哺乳动物等肉类过敏目前已受到研究者的广泛关注,其中哺乳动物肉类过敏也已被大量研究所证实。肉类过敏过去曾被认为主要局限在儿童群体中,尤其是患有特异性皮炎或对牛奶过敏的儿童^[8]。但随后研究发现,成人也可能对其儿童期从未过敏的肉类食物产生过敏反应^[9]。还有报道指出,肉类过敏还存在明显的区域差异,

推测其原因可能是由于当地饮食习惯差异所致。此外,还有其他环境因素也很重要,如猪肉屠宰场工人因其工作环境的影响,更易对猪肉过敏,当其摄入猪肉后即可出现鼻炎、哮喘、发声困难和结膜炎等过敏症状^[10]。另外还有研究表明,蜱虫叮咬能诱导半乳糖- α -1,3-半乳糖(galactose- α -1,3-galactose, α -Gal)特异性免疫球蛋白 E(immunoglobulin E, IgE)抗体,从而导致食用红肉后对其 α -Gal 成分过敏^[11]。例如,美国东南部地区因受特有的美洲钝眼蜱虫(amblyomma americanum)叮咬影响,致使该地区哺乳动物肉类过敏患者的数量明显高于其他地区^[12]。迄今,许多食物过敏原的致敏机制尚不完全清楚,而有关哺乳动物肉类和禽类引发的过敏反应,研究者则认为主要是通过胃肠道摄入致敏^[13]。另外有研究指出,一些过敏原还能通过呼吸或者皮肤接触致敏^[14],如猪肉-猫综合征(pork-cat syndrome)^[15,16]、禽-蛋综合征(bird-egg syndrome)^[17,18]和 α -Gal 综合征(α -Gal syndrome)^[19](表 1)。一般来说,较之通过胃肠道致敏的肉类过敏,这些类型引发的肉类过敏对成人及大龄儿童的影响更大。

3 主要肉类过敏原

肉类含有丰富的蛋白质,这可能意味着其含有多种不同的过敏原。由表 2 可知,血清白蛋白是引发哺乳动物肉类和禽类过敏的主要过敏原之一,而 α -Gal 只选择性地存在于部分哺乳动物组织中,也可引发肉类过敏反应。此外,免疫球蛋白、肌球蛋白轻链、 α -小白蛋白等引发肉类过敏反应相对来说不太常见。

表 1 肉类过敏综合征
Table 1 Meat allergy syndromes

来源	过敏综合征	主要过敏原	致敏模式
哺乳动物肉类	猪肉-猫综合征	血清白蛋白	呼吸接触猫皮毛
	α -Gal 综合征	Gal- α 1, 3 Gal- β 1, 4GlcNAcR	蜱虫叮咬皮肤
禽肉类	禽-蛋综合征	血清白蛋白	呼吸接触禽类羽毛

表 2 常见肉类过敏原^[20]
Table 2 Common meat allergens

来源	过敏原名称	生化名称	分子质量/kDa
牛	Bos d 6	血清白蛋白	67
	Bos d 7	免疫球蛋白	160
猪	Sus s 1	血清白蛋白	60
牛/猪	α -Gal	Gal- α 1, 3 Gal- β 1, 4GlcNAcR	/
	Gal d 5	血清白蛋白	69
鸡	Gal d 7	肌球蛋白轻链	22
	Gal d 8	α -小白蛋白	11.8
	Gal d 9	β -烯醇化酶	50

3.1 血清白蛋白

血清白蛋白(serum albumin, SA)是一种球状非糖基化蛋白,分子量约 70 kDa,由 3 个结构相似的 α -螺旋结构域组成,并存在大量的二硫键来维系其蛋白质结构的稳定性。SA 可通过调整自身构象以结合或运输不同种类的配体^[21],并通过血浆运输至乳腺、肌肉和上皮细胞。因此,SA 除存在于哺乳动物肉类、牛奶和蛋类等食物中,还存在于动物皮毛和禽类羽毛中,而这可能会造成皮肤过敏甚至引发呼吸疾病^[22,23]。此外,不同来源的 SA 会导致过敏反应。通过双盲安慰剂对照食物激发试验(double-blind placebo controlled food challenge, DBPCFC)证实 28 名意大利牛肉过敏儿童均对牛乳过敏,且其中 26 名儿童对牛血清白蛋白(bovine serum albumin, BSA)特别敏感。禽类羽毛中的 SA 还可通过呼吸道致敏,使禽-蛋综合征患者在摄入禽肉后出现过敏症状^[24]。

此外,来源不同的 SA 还会发生交叉过敏反应,但同时对哺乳动物肉和禽肉 SA 均过敏的病例却极为罕见。Choi 等^[9]报道,较之鸡肉过敏的成人患者,牛肉和猪肉过敏的成人患者更易对牛乳过敏。还有研究指出,哺乳动物来源的 SA 更易发生交叉反应。如 50%牛肉过敏儿童在食用羊肉后出现过敏症状,即对 BSA 过敏的儿童也对羊血清白蛋白(ovine serum albumin, OSA)过敏^[25]。Restani 等^[26]还对牛肉过敏儿童进行羊、猪、马、兔、鸡等不同肉类间的交叉反应研究,指出这些肉类来源 SA 与 BSA 的序列相似度越高,其阳性应答数也越高。以上研究表明,哺乳动物的 SA 可能共享包括抗原决定簇的部分氨基酸序列,具有较高的序列相似性,使其在结合特定抗体的能力上相似,从而增加了机体间交叉过敏反应的可能性^[27]。

3.2 α -Gal

Landsteiner 初次定义哺乳动物 ABO 血型系统时发现了一种与 B 血型抗原相似的物质,即为 α -Gal^[28]。 α -Gal 是由两分子乳糖和一分子 N-乙酰基葡萄糖组成,也是目前已知的唯一糖类结构过敏原。 α -Gal 还存在于许多哺乳动物来源的食物中,如乳制品、肉类、内脏以及明胶等。此外, α -Gal 还存在于西妥昔单抗、抗毒液和带状疱疹疫苗等产品中。据报道,西妥昔单抗在 2007 年美国东南部首次注射时曾引起严重的过敏反应^[29],此后大量的研究均表明,这类过敏反应与 Fab 段上的 α -Gal 有关^[30]。此外,西妥昔单抗的过敏患者还会对含有 α -Gal 的哺乳动物肉类过敏^[31,32]。Chung 等^[33]报道,一些 α -Gal 过敏患者在食用牛肉或猪肉 3~6 h 后出现严重的血管性水肿等过敏反应,这种红肉过敏的延迟反应症状后来被称为 α -Gal 综合征。

α -Gal 综合征在世界范围内分布极为广泛,并在美国^[19,34]、澳大利亚^[35]、日本^[36]、欧洲^[37,38]、南美洲^[39]等地均有报道。该症状有以下 2 个显著特点: (1)延迟反应

(α -Gal 综合征): 通常在摄入红肉的 3~6 h 后发生,该特点可有助于区分 α -Gal 综合征和其他 IgE 介导的肉类过敏^[40,41](表 3)。据报道,这种延迟可能是因为 α -Gal 存在于糖蛋白和糖脂(包括乳糜微粒)上,脂肪消化需耗时几小时,而当含有 α -Gal 的乳糜微粒被肠上皮细胞吸收后参与循环,触发嗜碱性粒细胞释放介质才会引发一系列过敏反应^[42]; (2) α -Gal 综合征与蜱虫叮咬有关: 2007 年, Nunen 等^[43]在澳大利亚东海岸地区偶然发现蜱虫叮咬后出现红肉过敏反应,并首次将蜱虫叮咬和红肉过敏联系起来。迄今,蜱虫叮咬导致肉类过敏的机制尚不完全清楚。有研究者在蜱虫唾液中发现了 α -Gal 抗原表位^[39]。Cabezas-Cruz 等^[44]报道,蜱虫唾液中的前列腺素 E2 会诱导成熟 B 细胞中的抗体类别转换,增加抗 α -Gal 的 IgE 抗体水平。此外, Commins 等^[45]利用美洲钝眼蜱虫唾液腺提取物构建了 α -Gal 致敏小鼠模型,实验组在第 30 d 灌胃猪肉后,其 α -Gal 特异性 IgE 水平升高,并出现猪肉延迟过敏反应。

表 3 α -Gal 综合征与普通肉类过敏区别
Table 3 Comparison of α -Gal syndrome and normal meat allergy

	α -Gal 综合征	普通肉类过敏
发病过程	延迟发作: 进食后 3~6 h	速发
过敏原结构	糖类	蛋白质
致敏模式	蜱虫叮咬皮肤	胃肠道摄入
涉及肉类	红肉	红肉、白肉

3.3 免疫球蛋白

免疫球蛋白(immunoglobulin, Ig)是由 2 条相同的轻链和两条相同的重链通过链间二硫键连接而成的糖基化球蛋白。较之 SA 和 α -Gal, Ig 也会引发肉类过敏反应,但其临床相关性并不明确^[8,46]。据报道,10 名患有特应性皮炎和牛肉过敏的日本儿童中,仅有 7 名对 BSA 有强烈 IgE 型过敏反应。免疫印迹(immunoblotting)显示,其他 3 名过敏患者血清仅能识别 200 kDa 和 60 kDa 的糖蛋白,即为牛 γ -球蛋白(bovine gamma globulin, BGG)及其重链;竞争酶联免疫吸附试验(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)证实, BGG 比牛肉提取物更易与牛肉过敏患者血清结合,这均表明 BGG 具有较强的致敏性,也是 IgE 型过敏反应的过敏原之一^[46]。

糖基化对免疫球蛋白 G(immunoglobulin G, IgG)的免疫学特征有重要影响,也许能解释竞争 ELISA 中 BGG 更易结合牛肉过敏患者血清这一现象,但目前尚未有直接证据证实^[47]。而 α -Gal 可在除人类外其他哺乳动物中表达,对人类具有免疫原性,这种 α -Gal 修饰已被证实为人类异种移植猪器官带来了障碍,可能是与 IgG 的致敏性有关的糖

基化, 但研究表明非灵长类哺乳动物的 Ig A 或 IgM 上比 IgG 上存在更多的 α -Gal^[48,49]。

4 肉类过敏原评估和检测方法

治疗肉类过敏性疾病的关键是正确识别肉类过敏原, 因此, 选择一种准确有效的致敏性评估方法十分必要。过敏原组分解析诊断(component resolved diagnostics, CRD)是采用纯化的天然或重组过敏原来检测每个过敏原组分的特异性 IgE 水平, 与使用过敏原粗提物的 IgE 检测方法相比, 其具有①可定位哺乳动物肉类过敏原表位; ②能精确了解不同肉类过敏原的交叉反应; ③可预测其他潜在过敏原的优点^[50,51]。目前, Immuno CAP ISAC(Thermo Fisher Scientific/Phadia) 和 Immuno CAP(Thermo Fisher Scientific/Phadia)均被应用于临床进行 CRD, ImmunoCAP ISAC 只能半定量检测, 但可同时检测超过 100 种过敏原组分的特异性 IgE 抗体, 极大地提高了诊断效率; ImmunoCAP 则可获得定量的过敏原特异性 IgE 抗体水平, 不受过敏原特异性 IgG 抗体的干扰, 且可对低聚糖过敏原 α -Gal 进行特异性 IgE 分析^[52]。

目前临床使用的 α -Gal 检测方法是将含有多个 α -Gal 的牛甲状腺球蛋白(beef thyroglobulin, BTG)偶联于固相载体上^[53], 通过 ImmunoCAP 系统进行 α -Gal 特异性 IgE 检测。而研究中经常使用的检测方法是用链霉菌亲和素技术将西妥昔单抗偶联到固相载体上进行 α -Gal 特异性 IgE 分析。Jappe 等^[54]对比了这 2 种检测方法, 发现在 34 名 α -Gal 综合征患者和 11 名对照组受试者中, 特异性 IgE 水平与 BTG 和西妥昔单抗的相关性均比较高, 并认为采用西妥昔单抗的检测方法更为灵敏。此外, 还有研究人员将结合 α -Gal 的人血清白蛋白(human serum albumin, HSA)共价结合到固相上, 进行 α -Gal 特异性 IgE 分析, 发现其与采用西妥昔单抗的检测方法灵敏度相似^[55]。

此外, 肉类过敏原的检测还有其它方法, 但这些方法都不够准确。如皮肤点刺试验(skin prick test, SPT)是将少量纯化的过敏原滴于患者前臂皮肤上, 再用点刺针轻轻刺入皮肤表层。如果患者对该过敏原过敏, 则会在点刺部位出现类似蚊虫叮咬的红肿块或颜色有所改变等过敏反应。SPT 容易操作, 常用于临床过敏原的筛查, 但其临界值易受样品、统计方法等多方面因素的干扰^[56], 而对 SPT 进行标准化即可克服这些局限性。标准化 SPT 可能会降低过敏原的敏感性, 可通过直接使用新鲜食物如市售牛肉、猪肉和羊肉提取物进行 SPT 或采取皮内试验(intradermal skin test, IDST)来弥补这一缺点^[57]。IDST 也可用于临床过敏原筛查, 但因其存在安全隐患, 应用并不广泛^[58]。

5 结语与展望

随着经济的发展, 人们生活水平的提高和生活方式

的改变, 肉类食物在人类膳食中所占比重逐年上升。近年来研究发现, 肉类过敏可发生在每个年龄阶段, 使潜在过敏人群不断扩大; 同时, 环境因素的影响也导致肉类过敏发病率有明显增加的趋势。肉类过敏已成为一种严重的食品安全和公共卫生问题, 显著降低了过敏人群的生活质量。目前, 体外诊断技术有助于确诊一些肉类过敏性疾病, 并已成为临床实践中重要的诊断工具。因此, 肉类过敏原的准确识别对于过敏性疾病的预防和治疗具有重要意义, 同时也有助于深入研究肉类过敏的致敏机制, 为研制低敏或脱敏肉类食物提供理论基础和技术支持。

参考文献

- [1] Sicherer SH, Sampson HA. Food allergy: A review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2018, 141(1): 41–58.
- [2] Platts-Mills TAE. The allergy epidemics: 1870–2010 [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2015, 136(1): 3–13.
- [3] Paschke A, Ulberth F. Allergens in foods [J]. *Anal Bioanal Chem*, 2009, 395(1): 15–16.
- [4] Platts-Mills TAE, Commins SP, Biedermann T, *et al.* On the cause and consequences of IgE to galactose- α -1,3-galactose: A report from the national institute of allergy and infectious diseases workshop on understanding IgE-mediated mammalian meat allergy [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2020, 145(4): 1061–1071.
- [5] Klug C, Hemmer W, Román-Carrasco P, *et al.* Gal d 7—a major allergen in primary chicken meat allergy [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2020, 2: 33.
- [6] Wuthrich B. Allergy to meat proteins in adults [J]. *Allergologie*, 1996, 19(3): 130–134.
- [7] 文利平, 周俊雄, 尹佳, 等. 红肉诱发严重过敏反应的临床病例研究 [J]. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2015, 9(1): 1–7.
Wen LP, Zhou JX, Yin J, *et al.* Clinical case study on anaphylaxis induced by red meat ingestion [J]. *Chin J Allergy Clin Immun*, 2015, 9(1): 1–7.
- [8] Werfel SJ, Cooke SK, Sampson HA. Clinical reactivity to beef in children allergic to cow's milk [J]. *J Allergy Clin Immun*, 1997, 99(3): 293–300.
- [9] Choi GS, Kim JH, Shin YS, *et al.* Food allergy to meat and milk in adults [J]. *Allergy*, 2010, 65(8): 1065–1067.
- [10] Hilger C, Swiontek K, Hentges F, *et al.* Occupational Inhalant allergy to pork followed by food allergy to pork and chicken: Sensitization to hemoglobin and serum albumin [J]. *Int Arch Allergy Imm*, 2010, 151(2): 173–178.
- [11] 祝戎飞, 陈浩, 孙劲旅, 等. 蜱虫叮咬所致红肉过敏[J]. *中华临床免疫和变态反应杂志*, 2015, 9(1): 44–48.
Zhu RF, Chen H, Sun JL, *et al.* Tick bites induced red meat allergy [J]. *Chin J Allergy Clin Immun*, 2015, 9(1): 44–48.
- [12] Commins SP, James HR, Kelly LA, *et al.* The relevance of tick bites to the production of IgE antibodies to the mammalian oligosaccharide galactose- α -1,3-galactose [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2011, 127(5): 1286–1293.
- [13] 王东明, 左媛媛, 何翔, 等. 食物过敏的致敏途径及发生机制的研究进展[J]. *中国中西医结合皮肤性病杂志*, 2017, 16(5): 477–480.
Wang DM, Zuo YY, He X, *et al.* The research progress of the sensitization pathway and mechanism of food allergy [J]. *Chin J Dermatol Integer*

- Tradit West Med, 2017, 16(5): 477–480.
- [14] Mamikoglu B. Beef, pork, and milk allergy (cross reactivity with each other and pet allergies) [J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005, 133(4): 534–537.
 - [15] Posthumus J, James HR, Lane CJ, *et al.* Initial description of pork–cat syndrome in the United States [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2013, 131(3): 923–925.
 - [16] Faber MA, Van GAL, Decuyper II, *et al.* Cross–Reactive Aeroallergens: Which need to cross our mind in food allergy diagnosis? [J]. *J Allergy Clin Immun: In Practice*, 2018, 6(6): 1813–1823.
 - [17] Inomata N, Kawano K, Aihara M. Bird–egg syndrome induced by α –livetins sensitization in a budgerigar keeper: Successful induction of tolerance by avoiding exposure to avians [J]. *Allergol Int*, 2019, 68(2): 282–284.
 - [18] Hemmer W, Klug C, Swoboda I. Update on the bird–egg syndrome and genuine poultry meat allergy [J]. *Allergol J Int*, 2016, 25(3): 68–75.
 - [19] Wilson JM, Schuyler AJ, Workman L, *et al.* Investigation into the α –Gal syndrome: Characteristics of 261 children and adults reporting red meat allergy [J]. *J Allergy Clin Immun: In Practice*, 2019, 7(7): 2348–2358.
 - [20] WHO/IUIS Allergen Nomenclature Sub–Committee. Allergen Nomenclature [EB/OL]. [2019–12–6]. <http://www.allergome.org>.
 - [21] Hilger C, Hemmer W, Swoboda I, *et al.* Molecular and extract–based diagnostics in meat allergy [Z]. 2017.
 - [22] Liccardi G, Asero R, D'Amato M, *et al.* Role of sensitization to mammalian serum albumin in allergic disease [J]. *Curr Allergy Asthma Rep*, 2011, 11(5): 421–426.
 - [23] Vicente–Serrano J, Caballero ML, Rodríguez–Pérez R, *et al.* Sensitization to serum albumins in children allergic to cow's milk and epithelia [J]. *Pediatr Allerg Imm–Uk*, 2007, 18(6): 503–507.
 - [24] Quirce S, Maranon F, Umpierrez A, *et al.* Chicken serum albumin (Gal d 5) is a partially heat–labile inhalant and food allergen implicated in the bird–egg syndrome [J]. *Allergy*, 2001, 56(8): 754–762.
 - [25] Fiocchi A, Restani P, Riva E, *et al.* Meat allergy: I–Specific IgE to BSA and OSA in atopic, beef sensitive children [J]. *J Am Coll Nutr*, 1995, 14(3): 239–244.
 - [26] Restani P, Fiocchi A, Beretta B, *et al.* Meat allergy: III–Proteins involved and cross–reactivity between different animal species [J]. *J Am Coll Nutr*, 1997, 16(4): 383–389.
 - [27] Aalberse RC. Structural biology of allergens [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2000, 106(2): 228–238.
 - [28] Landsteiner K, Miller CP. Serological studies on the blood of the primates: III. distribution of serological factors related to human isoagglutinogens in the blood of lower monkeys [J]. *J Exp Med*, 1925, 42(6): 863–872.
 - [29] O'Neil BH, Allen R, Spigel DR, *et al.* High incidence of cetuximab–related infusion reactions in Tennessee and North Carolina and the association with atopic history [J]. *J Clin Oncol*, 2007, 25(24): 3644–3648.
 - [30] Pointreau Y, Commens SP, Calais G, *et al.* Fatal infusion reactions to cetuximab: Role of immunoglobulin E–mediated anaphylaxis [J]. *J Clin Oncol*, 2012, 30(3): 334.
 - [31] Platts–Mills TA, Schuyler AJ, Tripathi A, *et al.* Anaphylaxis to the carbohydrate side chain alpha–gal [J]. *Immunol Allergy Clin North Am*, 2015, 35(2): 247–260.
 - [32] Chinuki Y, Morita E. Alpha–Gal–containing biologics and anaphylaxis [J]. *Allergol Int*, 2019, 68(3): 296–300.
 - [33] Chung CH, Mirakhor B, Chan E, *et al.* Cetuximab–induced anaphylaxis and IgE specific for Galactose– α –1,3–Galactose [J]. *N Engl J Med*, 2008, 358(11): 1109–1117.
 - [34] Khoury JK, Khoury NC, Schaefer D, *et al.* A tick–acquired red meat allergy [J]. *Am J Emerg Med*, 2018, 36(2): 341–343.
 - [35] Commens SP, Platts–Mills TAE. Tick bites and red meat allergy [J]. *Curr Opin Allergy Cl*, 2013, 13(4): 354–359.
 - [36] Chinuki Y, Ishiwata K, Yamaji K, *et al.* Haemaphysalis longicornis tick bites are a possible cause of red meat allergy in Japan [J]. *Allergy*, 2016, 71(3): 421–425.
 - [37] Pisazka V, Duscher G, Hodžić A, *et al.* Alpha–gal allergy after a tick bite in Austria [J]. *Wien Klin Wochenschr*, 2019, 131(15–16): 385–388.
 - [38] Hodžić A, Mateos–Hernández L, Fuente J, *et al.* Delayed hypersensitivity reaction to mammalian galactose– α –1,3–galactose (α –Gal) after repeated tick bites in a patient from France [J]. *Ticks Tick–Borne Dis*, 2019, 10(5): 1057–1059.
 - [39] Araujo RN, Franco PF, Rodrigues H, *et al.* Amblyomma sculptum tick saliva: Alpha–Gal identification, antibody response and possible association with red meat allergy in Brazil [J]. *Int J Parasitol*, 2016, 46(3): 213–220.
 - [40] Bircher AJ, Hofmeier KS, Link S, *et al.* Food allergy to the carbohydrate galactose–alpha–1,3–galactose (alpha–gal): Four case reports and a review [J]. *Eur J Dermatol*, 2017, 27(1): 3–9.
 - [41] Commens SP, Jerath MR, Cox K, *et al.* Delayed anaphylaxis to alpha–gal, an oligosaccharide in mammalian meat [J]. *Allergol Int*, 2016, 65(1): 16–20.
 - [42] Commens SP, James HR, Stevens W, *et al.* Delayed clinical and ex vivo response to mammalian meat in patients with IgE to galactose–alpha–1,3–galactose [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2014, 134(1): 108–115.
 - [43] Nunen SAV, O'Connor KS, Clarke LR, *et al.* An association between tick bite reactions and red meat allergy in humans [J]. *Med J Australia*, 2009, 190(9): 510–511.
 - [44] Cabezas–Cruz A, Mateos–Hernández L, Chmelař J, *et al.* Salivary prostaglandin E2: Role in tick–induced allergy to red meat [J]. *Trends Parasitol*, 2017, 33(7): 495–498.
 - [45] Commens SP, Karim S. Development of a novel murine model of alpha–gal meat allergy [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2017, 139(2): 193.
 - [46] Han GD, Matsuno M, Ito G, *et al.* Meat allergy: Investigation of potential allergenic proteins in beef [J]. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2014, 64(9): 1887–1895.
 - [47] Raju TS, Briggs JB, Borge SM, *et al.* Species–specific variation in glycosylation of IgG: evidence for the species–specific sialylation and branch–specific galactosylation and importance for engineering recombinant glycoprotein therapeutics [J]. *Glycobiology*, 2000, 10(5): 477–486.
 - [48] Grönlund H, Adédoyin J, Commens SP, *et al.* The carbohydrate galactose– α –1,3–galactose is a major IgE–binding epitope on cat IgA [J]. *J Allergy Clin Immun*, 2009, 123(5): 1189–1191.
 - [49] Adédoyin J, Johansson SGO, Grönlund H, *et al.* Interference in immunoassays by human IgM with specificity for the carbohydrate moiety

- of animal proteins [J]. J Immunol Methods, 2006, 310(1-2): 117-125.
- [50] Wopfner N, Gruber P, Wallner M, *et al.* Molecular and immunological characterization of novel weed pollen pan-allergens [J]. Allergy, 2008, 63(7): 872-881.
- [51] 许志强, 魏继福. 过敏原组分解析诊断在过敏疾病中的应用进展[J]. 临床药物治疗杂志, 2019, 17(1): 18-22.
- Xu ZQ, Wei JF. Allergen component-resolved diagnostics in allergic diseases: An overview [J]. J Clin Med, 2019, 17(1): 18-22.
- [52] Van HMMP, Hamsten CP, Valenta RM. Immuno CAP assays: Pros and cons in allergology [J]. J Allergy Clin Immun, 2017, 140(4): 974-977.
- [53] Apostolovic D, Krstic M, Mihailovic J, *et al.* Peptidomics of an *in vitro* digested α -Gal carrying protein revealed IgE-reactive peptides [J]. Sci Rep-Uk, 2017, 7(1): 1-10.
- [54] Jappe U, Minge S, Kreft B, *et al.* Meat allergy associated with galactosyl- α -(1,3)-galactose (α -Gal)-closing diagnostic gaps by anti- α -Gal IgE immune profiling [J]. Allergy, 2018, 73(1): 93-105.
- [55] Bueren JLV, Rispens T, Verploegen S. Anti-galactose-1 $\pm$ 1,3-galactose IgE from allergic patients does not bind α -galactosylated glycans on intact therapeutic antibody Fc domains [J]. Nat Biotechnol, 2011, 29(7): 574-576.
- [56] Peters RL, Gurrin LC, Allen KJ. The predictive value of skin prick testing for challenge-proven food allergy: A systematic review [J]. Pediatr Allerg Imm-Uk, 2012, 23(4): 347-352.
- [57] Wilson JM, Platts-Mills TAE. Meat allergy and allergens [J]. Mol Immunol, 2018, 100: 107-112.
- [58] Bousquet J, Heinzerling L, Bachert C. Practical guide to skin prick tests in allergy to aeroallergens [J]. Allergy, 2011, 67(1): 18-24.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



吴欣怡, 硕士研究生, 主要研究方向为食品质量安全控制。

E-mail: 2019108049@njau.edu.cn



王 玮, 博士, 副教授, 主要研究方向为食品质量安全控制。

E-mail: wangwei821220@njau.edu.cn

“食品加工过程中有毒有害物质分析”专题征稿函

食品加工过程中有时会形成有毒有害物质, 如丙烯酰胺、杂环胺、三氯丙醇等, 以及以铅、砷、汞等有害矿物质元素为代表的环境污染物。随着全球对食品安全问题的关注, 食品的化学安全问题已成为同行关注的热点领域。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品加工过程中有毒有害物质分析”专题, 由西华大学杨潇教授担任专题主编, 主要围绕食品加工产生的有毒有害物质分析与代谢机理、分析检测方法、安全性评价、产生途径、形成机理、控制方法、毒性干预、分离分析等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可。本专题计划在 2020 年 9 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及专题主编四川农业大学杨潇教授特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 7 月 30 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题食品加工过程中有毒有害物质分析):

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: 食品加工过程中有毒有害物质分析”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: 食品加工过程中有毒有害物质分析专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部