

马铃薯风味的研究进展

龚兴旺, 郭华春*

(云南农业大学农学与生物技术学院, 薯类作物研究所, 云南 昆明 650201)

摘 要: 马铃薯在人们的日常生活及健康方面扮演着重要角色。马铃薯风味作为马铃薯品质的一个重要组成部分, 主要由香味、味道和质地组成。而马铃薯的香味主要由挥发性风味化合物所决定, 如吡嗪、庚醛和己醛等; 马铃薯味道主要是由非挥发性化合物所决定, 如核苷酸和氨基酸; 马铃薯的质地与其中干物质及淀粉含量有关; 除此之外, 马铃薯风味还与马铃薯的生产环境和贮藏环境有关。本文主要概述国内外在马铃薯的香味、味道及质地三方面的研究进展。

关键词: 马铃薯; 风味; 挥发性风味化合物; 质地

Advances in Potato Flavor

GONG Xingwang, GUO Huachun*

(Tuber and Root Crops Research Institute, College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Potato plays an important role in people's daily life and health. Potato flavor is a vital component of potato quality, and it mainly consists of aroma, taste and texture. The aroma is always determined by volatile flavor compounds such as pyrazine, heptaldehyde and hexanal. The taste of potato is mainly determined by non-volatile compounds such as nucleotides and amino acids, and the texture is associated with dry matter content and starch content in potato. In addition, potato flavor is highly related to the potato growing conditions and storage environment. This article mainly focuses on the recent progress in understanding aroma, taste and texture of potato.

Key words: potato; flavor; volatile flavor compounds; texture

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609048

中图分类号: TS201.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2016) 09-0264-05

引文格式:

龚兴旺, 郭华春. 马铃薯风味的研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(9): 264-268. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609048. <http://www.spkx.net.cn>

GONG Xingwang, GUO Huachun. Advances in potato flavor[J]. Food Science, 2016, 37(9): 264-268. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201609048. <http://www.spkx.net.cn>

马铃薯是世界上最受欢迎的蔬菜作物之一, 也是世界第四大粮食作物。我国还确立了马铃薯主粮化的地位。另外, 在世界上许多地区, 马铃薯及其产品在改善人类健康和营养方面扮演着重要角色。目前对马铃薯的研究主要集中在马铃薯生产加工及营养品质的方面, 而对马铃薯风味的研究报道较少。虽然国外已有相关报道, 但目前为止仍然没有一个对马铃薯风味的评价标准。

食品的风味是一个复杂的品质属性。主要由味道

(taste)、香味 (aroma) 和质地 (texture) 组成: 味道是由非挥发性化合物 (如“鲜味”化合物) 形成的; 香味则与挥发性化合物有关; 质地作为一种口感, 与干物质及淀粉含量有关。马铃薯可以通过烘烤、煮、烧烤、油炸和微波等加工方法获得不同风味^[1], 马铃薯的风味前体在鲜马铃薯中主要由糖、氨基酸、核糖核酸和脂质组成^[2]。烹饪期间, 风味前体发生美拉德反应后生成的糖、脂质及RNA的降解产物等产物对风味起到重要作用^[3]。马铃薯的风味也随着马铃薯栽培品种的不同而变化, 具

收稿日期: 2015-06-14

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系项目 (CARS-10-P21); 云南省重大马铃薯种业专项 (2013ZA007);

国家自然科学基金地区科学基金项目 (31271774)

作者简介: 龚兴旺 (1989—), 男, 硕士研究生, 研究方向为生物化学与分子生物学。E-mail: xw_gong520@126.com

*通信作者: 郭华春 (1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为薯类作物。E-mail: ynghc@126.com

有基因型特异性。施肥水平、成熟期长短、生产环境、贮藏条件及加工方法等因素也在很大程度上影响了风味化合物含量和感官品质^[4-5]。

当今,马铃薯的风味对消费者而言越来越重要^[5],其作为一个基本的品质指标,在市场马铃薯产品饱和的情况下,成为消费者购买马铃薯时首要考虑的方面。

1 马铃薯味道的研究进展

人类的味觉感受器能够感知苦、酸、甜、咸和鲜味。味道主要指食物入口后的味觉感受,主要由一些没有挥发性的风味物质所引起,如核苷酸、谷氨酸和游离氨基酸等。

核苷酸被认为是风味增强剂的前体,是一种与优良风味有关的鲜味化合物^[4]。存在于马铃薯中的主要鲜味化合物是5'-核苷酸(包括腺苷-5'-单磷酸(adenosine-5'-monophosphate, AMP)和鸟苷-5'-单磷酸(guanosine-5'-monophosphate, GMP))和氨基酸(天冬氨酸和谷氨酸)^[1]。在鲜薯中核苷酸的含量很低,但是在烹饪期间,当块茎受热后,5'-核苷酸就会通过核糖核酸(ribonucleic acid, RNA)的水解而被释放出来。蒸、煮熟的富利亚栽培种(*S. phureja* group cultivars)(南美洲地方品种)含有较高含量的谷氨酸盐和GMP,在尝味实验(taste tests)中富利亚栽培种比普通栽培种获得更高的可接受分数^[6]。GMP和AMP化合物与谷氨酸盐一起显示出强烈的协同效应,食品技术专家已经将这二效应用于食品的开发^[7]。这种氨基酸和核苷酸相互作用的产物被认为是煮马铃薯风味形成的主要原因^[8]。除此之外,Behrens等^[9]还对核苷酸、有机酸、美拉德反应副产物、核酸衍生物、氨基酸衍生物及多肽在马铃薯中的含量进行了描述,发现核苷酸的含量和类型也随着品种的不同而变化^[9]。

另外,马铃薯中呈味氨基酸的含量也是一般粮食作物所不能比拟的^[10]。在马铃薯中较高含量的呈味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸、甘氨酸和丙氨酸等),使得马铃薯味道鲜美^[11]。马铃薯中的鲜味化合物主要是谷氨酸、天冬氨酸、鸟苷酸和腺苷酸^[3,12]。谷氨酸糖复合物也有助于鲜味特性的发挥^[13]。

马铃薯块茎还含有葡萄糖、果糖和蔗糖等糖类物质。Jansky等^[14]研究发现烤马铃薯中的甜味与其优良风味有着极大的相关性。同时,蔗糖和还原糖的水平也被认为是马铃薯风味属性的重要组成因素^[15]。

氨基酸的脱氨基、糖的不完全氧化、抗坏血酸及多酚酸能够生成有机酸^[16-17]。有机酸决定马铃薯的酸度, Sinden等^[18]研究发现当块茎中含有120 mg/100 g鲜薯的绿原酸时,部分风味评价人员能感受到轻微的酸味。但Vainionpaa等^[15]认为有机酸普遍不被考虑为主要的风味成分。

苦味是人们所不愿接受的一种风味。在进化过程中,马铃薯逐步形成一种阻止被消费的机制,原因就是在野生型马铃薯块茎中产生一种有毒的糖苷生物碱来抵抗害虫和疾病以提供自我保护,这种糖苷生物碱则具有强烈的苦味^[19]。虽然通过驯化培养了一些苦味较轻的马铃薯品种,但它们仍是含有糖苷生物碱^[20]。在商业马铃薯栽培种中主要的糖苷生物碱是 α -茄碱(α -solanine)和 α -卡茄碱(α -chaconine)^[21]。糖苷生物碱主要集中在块茎的表皮,因此,连同表皮一起食用时,小块茎的马铃薯可能比大块茎的苦味要强烈^[5]。虽然在新育的马铃薯品种中允许糖苷生物碱的上限含量是20 mg/100 g鲜薯,但是当其含量超过14 mg/100 g鲜薯时就能感受到苦味^[18]。当糖苷生物碱含量低于10 mg/100 g鲜薯时,糖苷生物碱则可能对风味产生积极的作用^[22]。另外, Mondy等^[23]报道了酚类化合物含量与苦/涩味成正相关关系。然而, Sinden等^[18]的研究并没有发现酚的含量和苦味有显著的相关性。

2 马铃薯香味的研究进展

在煮熟的马铃薯中含有一系列复杂的香味成分。研究发现228种挥发性化合物作用于烤马铃薯的风味^[24]。杨妍等^[8]从新鲜马铃薯泥中检测出47种挥发性风味化合物,在冷藏24 h后的马铃薯泥中检测出37种。最重要的香味化合物是在马铃薯加热期间由脂质降解、美拉德反应和糖降解所产生^[25]。

在马铃薯烤制过程中,马铃薯产生一系列复杂的挥发性化合物,包括脂质降解产物、美拉德反应产物、含硫化合物和甲氧基吡嗪^[25]。吡嗪被认为是其中最重要和最典型的烤马铃薯风味组分^[26]。在烤马铃薯^[27]和马铃薯片^[28]中吡嗪含量和感官品质具有极显著的正相关关系。吡嗪是通过美拉德反应产生的香味成分,但是美拉德反应也是引起炸薯条和薯片颜色变深的原因:这主要是还原糖(葡萄糖和果糖)与氨基酸在高温下相互作用所造成的。然而工业标准则是要求获得浅色的薯片。虽然有偏向浅色薯片的视觉倾向,但是被蒙上眼睛的食味评价小组成员都选择了更具味道和气味的深色薯片^[28]。

甲氧基吡嗪是游离氨基酸的产物并且具有轻微的泥土香味。它们可能不是美拉德反应的产物,而是原本存在于块茎中的,因为研究发现煮熟的马铃薯中比烤熟马铃薯中拥有更高的甲氧基吡嗪含量^[25]。削去马铃薯表皮造成的细胞损伤也可能导致甲氧基吡嗪的产生。另外甲氧基吡嗪也可能是由土壤微生物(*Pseudomonas taetrolens*)产生,然后被块茎吸收^[26]。甲氧基吡嗪具有较高的香气冲击值^[29]。因此,即使它的存在量很低,在食用的时候也能被检测到。所以甲氧基吡嗪微小的含量改变都可能对风味有较大的影响。

与烤马铃薯形成对比,煮马铃薯的水分损失较低,并且在加热过程中块茎内部的温度未超过100℃。煮马铃薯主要的香气成分包括:甲硫基丙醛、脂肪醇、乙醛、硫醇、硫化物和甲氧基吡嗪^[30]。煮马铃薯比烤马铃薯含有更高的脂质降解产物,因为煮马铃薯在切片过程中为脂氧合酶与底物接触提供了更多的机会^[25]。另外,在煮马铃薯期间块茎组织是逐步被加热的,从而为脂氧合酶氧化脂质提供了更多的时间。因此,煮熟的马铃薯中脂质衍生的风味成分包含了酶氧化和热降解两种产物。而烤马铃薯中主要香味成分是热降解产物。另外一种对煮马铃薯香味有贡献的物质是脂质氧化产物庚醛(c4-heptanal)^[31],低浓度时产生一种泥土的芳香;但是,研究发现在因贮藏而脱水的马铃薯中含有高浓度的庚醛,而这种高浓度的庚醛导致马铃薯块茎产生一种陈腐的风味。因此,脂质氧化产生的醛类与冷藏后再煮熟的马铃薯不良风味有关^[32]。

Petersen等^[32]研究表明,戊醛、己醛、壬醛、(E)-2-辛烯醛、(E,E)-2,4-庚二烯醛、(E)-2-壬烯醛、(E,E)-2,4-壬二烯醛、(E,E)-2,4-癸二烯醛对蒸煮马铃薯的不良风味具有潜在的作用。另外马铃薯的不良风味还与乙烯醛、正戊基呋喃和癸烯醛的存在有强烈的相关性^[33]。Petersen等^[32]检出醛类物质在贮藏蒸煮马铃薯中的含量占总检出物质的94.40%,这是由于在蒸煮阶段,亚油酸及亚麻酸在脂肪氧合酶的作用下生成醛类及烯醛类物质。Josephson等^[31]发现,经过蒸煮的马铃薯(E,E)-2,4-癸二烯醛的含量降低,(E)-2-辛烯醛含量适中,而己醛含量大大增加。杨妍等^[8]在新鲜马铃薯泥检测出己醛的含量为61.39%,4℃贮藏24h的马铃薯泥中己醛含量为81.70%,表明己醛对马铃薯的不良风味具有重要作用。

甲硫基丙醛也是重要的挥发性化合物,是通过Strecker降解反应形成的,是美拉德反应产物与蛋氨酸相互作用的中间产物。在“Russet Burbank”品种中转入一个能增强蛋氨酸生物合成的基因,结果转基因植株中甲硫基丙醛的含量比未转基因的植株高2~4倍^[34]。然而,甲硫基丙醛的含量同样随栽培品种和生产环境而变化^[25,29]。

3 马铃薯质地的研究进展

质地是马铃薯块茎最重要的品质属性之一,也是容易被消费者所识别的风味组分。主要是由栽培品种决定的,但也受生产环境和贮藏条件的影响。虽然马铃薯的质地是一个复杂的性状,但是许多变化可以通过测定块茎的粉质程度或蜡质程度来解释^[35]。粉质性的马铃薯在口感上呈现出干燥和颗粒感,而蜡质性的马铃薯则呈现湿润和黏性感。研究发现粉质程度与干

物质含量有关^[14,36]。然而,干物质含量不能完全解释粉质性。在一项感官分析研究中,栽培品种“Ontario”被确定为比其他栽培品种的粉质感差,但总干物质含量却与其他栽培品种相当^[37]。

鲜薯中淀粉粒的大小和结构也与马铃薯的质地特性相关^[38]。烹饪期间淀粉糊化膨胀产生的压力使细胞扩大。每个块茎细胞被糊化淀粉占有的比例影响质地的湿润感^[39]。大量的糊化淀粉与粉质有关,而含有少量淀粉(有更多吸水的疏松组织)的细胞则产生一个蜡质结构^[39-40]。在后者的细胞中,疏松组织吸附的水分在咀嚼时会被释放,从而在感官上产生一种湿润口感。在粉质型品种中咀嚼时因凝胶淀粉保留了水分,从而产生干燥的口感。另外,研究表明细胞尺寸与粉质性有关,粉质感较高的块茎比粉质感低的块茎的淀粉更多,细胞也更大^[38]。

细胞壁特性也能影响马铃薯的质地^[39-41]。果胶甲基酶活性是烹饪期间产生稳固结构的重要依据。这种稳固结构是通过中间层交联果胶产生的^[38]。栽培品种细胞壁密度、中间层及细胞壁溶解程度对质地也存在影响^[35]。Jarvis等^[41]发现粉质感栽培品种“Irene”每个细胞表面区域比非粉质感的品种“Nicola”拥有更多的细胞壁材料。同时,粉质感栽培品种“Russet Burbank”细胞壁和中间层的厚度比蜡质栽培品种“Red Pontiac”要厚。细胞壁和中间层的厚度与高强度果胶物质有关,消除了外界的剪切力而更加坚韧不易被破坏,从而产生微粒状的口感。块茎组织中细胞的聚凝度和黏合度也能影响马铃薯的质地,粉质感与这两个因素呈现显著的负相关性^[42]。

4 马铃薯生长环境和贮藏环境对风味影响的研究

马铃薯的感官品质也可能受到生产环境的影响。块茎中甲硫基丙醛的含量随着生产环境的不同而变化^[6,25]。因为甲硫基丙醛的前体物蛋氨酸是含硫氨基酸,表明在生产过程中硫素使用的变化可能导致甲硫基丙醛含量产生差异^[6]。与此类似,在生产中钾肥的运用可能影响产品的鲜味强度,因为钾盐的含量与马铃薯的鲜味有关^[43]。甲氧基吡嗪可能是由土壤微生物产生,然后被块茎所吸收,因此土壤微生物群可以影响马铃薯的风味^[26]。在一项对3个英国栽培品种研究中,生产地点对质地的影响比品种的影响更为强烈^[5]。

马铃薯的不良风味可能也受生产环境的影响,氮素水平的增加引起感官品质的降低,可能是由于产生了具有辛辣味的酰胺和胺类^[14,44]。Daniels-Lake等^[45]研究发现在煮熟的马铃薯中产生一种发霉的味道,这种味道是由于三氯苯甲醚(2,4,6-trichloroanisole, TCA)的存在引起的。然而TCA是马铃薯中未知的代谢物,研究发现用杀虫剂处理过的土壤种植的马铃薯块茎中TCA含量会显著升高。

在恶劣的条件下生长,和在强烈光照下收获、贮藏及销售,会引起马铃薯中糖苷生物碱含量的增加^[19]。另外在收获期间受到挫伤也可能导致糖苷生物碱和绿原酸的含量增加,糖苷生物碱和绿原酸可能对苦味有作用^[2]。

感官品质随着马铃薯块茎贮藏条件的差异而变化。一项感官分析研究发现在5.5℃温度条件下贮藏6个月马铃薯比新鲜马铃薯粉质感更强、味道更好、更甜^[14],且还减弱了不良风味的水平^[44]。True等^[37]注意到在新鲜马铃薯中风味参数的排名中,“Russet Burbank”品种排名高于“Ontario”品种,但在8.2℃贮藏6个月后的块茎中并没有发现这个差异。

马铃薯在低温贮藏间脂肪氧合酶活性增加;但是当块茎被煮熟然后冷冻时,不良风味产物(如醛类)的浓度降低^[47];低温贮藏期间还原糖和游离氨基酸的含量增加^[48];同样,低温贮藏期也会使吡嗪的含量增加^[29]。另外,美拉德反应衍生的谷氨酸糖复合物(作为鲜味化合物)在贮藏期间也被期待随着糖的积累而增加。

5 结 语

马铃薯的风味受到品种、生产环境及贮藏环境的影响。到目前为止关于马铃薯风味的研究已取得一定进展,但仍然没有一项可供食味评价的参考标准。我国已经提出了马铃薯的主粮化,因此建立马铃薯风味评价体系是很有必要的。

风味是马铃薯的一个重要的销售特性。但是历史上马铃薯育种主要集中在产量及马铃薯的营养价值等方面,并没有针对优质风味马铃薯的选育。提高优良风味马铃薯品种的开发,能够增加消费者对马铃薯及其产品的兴趣,起到刺激消费的作用。

参考文献:

- [1] RAIGOND P, SINGH B, GUPTA V K, et al. Potato flavour: profiling of umami 5'-nucleotides from Indian potato cultivars[J]. Indian Journal of Plant Physiology, 2014, 19(4): 338-344. DOI:10.1007/s40502-014-0117-4.
- [2] MORRIS W L, SHEPHERD T, VERRALL S R, et al. Relationships between volatile and non-volatile metabolites and attributes of processed potato flavour[J]. Phytochemistry, 2010, 71(14/15): 1765-1773. DOI:10.1016/j.phytochem.2010.07.003.
- [3] DRESOW J F, BOHM H. The influence of volatile compounds of the flavour of raw, boiled and baked potatoes: impact of agricultural measures on the volatile components[J]. Landbauforschung Volkenrode, 2009, 59(4): 309-337. DOI:10.1002/jsfa.3813.
- [4] SOLMS J, WYLER R. Taste components of potatoes[J]. Food Taste Chemistry, 1979, 115: 175-184. DOI:10.1021/bk-1979-0115.ch007.
- [5] JANSKY S H. Potato flavor[J]. American Journal of Potato Research, 2010, 87(2): 209-217. DOI:10.1007/s12230-010-9127-6.
- [6] DUCKHAM S C, DODSON A T, BAKKER J, et al. Volatile flavour components of baked potato flesh: a comparison of eleven potato cultivars[J]. Food, 2001, 45(5): 317-323. DOI:10.1002/1521-3803(20011001)45:5<317::AID-FOOD317>3.0.CO;2-4.
- [7] MORRIS W L, ROSS H A, DUCREUX L J, et al. Umami compounds are a determinant of the flavor of potato (*Solanum tuberosum* L.)[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(23): 9627-9633. DOI:10.1021/jf0717900.
- [8] 杨妍, 马晓军, 王黎瑾. 马铃薯挥发性风味物质研究[J]. 食品科技, 2007, 32(2): 100-105. DOI:10.3969/j.issn.1005-9989.2007.02.027.
- [9] BEHRENS M, MEYERHOF W, HELLFRITSCH C, et al. Sweet and umami taste: natural products, their chemosensory targets, and beyond[J]. Angewandte Chemie International Edition, 2011, 50(10): 2220-2242. DOI:10.1002/anie.201002094.
- [10] MAGA J A, MCNEILL J G. Nucleotide composition of incubated potatoes from five potato(*Solanum tuberosum*) cultivars[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 1986, 19: 31-33.
- [11] VREUGDENHIL D. Potato biology and biotechnology: advances and perspectives[M]. Amsterdam: Elsevier B, 2007: 448-451.
- [12] HALPERN B P. Glutamate and the flavor of foods[J]. Journal of Nutrition, 2000, 130(4): 910-914. DOI:10.1046/j.1365-277x.2000.00221.x.
- [13] BEKSAN E, SCHIEBERLE P, ROBERT F, et al. Synthesis and sensory characterization of novel umami-tasting glutamate glycoconjugates[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(18): 5428-5436. DOI:10.1021/jf0344441.
- [14] JANSKY S H. Genotypic and environmental contributions to baked potato flavor[J]. American Journal of Potato Research, 2008, 85(6): 455-465. DOI:10.1007/s12230-008-9053-z.
- [15] VAINIONPAA J, KERVINEN R, PRADO M D, et al. Exploration of storage and process tolerance of different potato cultivars using principal component and canonical correlation analyses[J]. Journal of Food Engineering, 2000, 44(1): 47-61. DOI:10.1016/S0260-8774(99)00164-8.
- [16] LISIŃSKA G, ANIOŁOWSKI K. Organic acids in potato tubers: Part 1- The effect of storage temperatures and time on citric and malic acid contents of potato tubers[J]. Food Chemistry, 1990, 38(4): 255-261. DOI:10.1016/0308-8146(90)90182-4.
- [17] MONDY N I, METCALF C, PLAISTED R L. Potato flavor as related to chemical composition[J]. Journal of Food Science, 2006, 36(3): 459-461. DOI:10.1111/j.1365-2621.1971.tb06387.x.
- [18] SINDEN S L, DEAHL K L, AULENBACH B B. Effect of glycoalkaloids and phenolics on potato flavor[J]. Journal of Food Science, 1976, 41(3): 520-523. DOI:10.1111/j.1365-2621.1976.tb00661.x.
- [19] VALKONEN J P T, KESKITALO M, VASARA T, et al. Potato glycoalkaloids: a burden or a blessing?[J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1996, 15(1): 1-20. DOI:10.1080/07352689609701934.
- [20] JOHNS T, ALONSO J G. Glycoalkaloid change during the domestication of the potato, *Solanum* Section Petota[J]. Euphytica, 1990, 50(3): 203-210. DOI:10.1007/BF00023646.
- [21] BUSHWAY R J, PONNAMPALAM R. Alpha-chaconine and alpha-solanine content of potato products and their stability during several modes of cooking[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1981, 29(4): 814-817. DOI:10.1021/jf00106a033.
- [22] ROSS H, PASEMANN P, NITZSCHE W. Glycoalkaloid content of potatoes cultivars and its relationship to location, year and taste[J]. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, 1978, 80: 64-79.
- [23] MONDY N I, METCALF C, PLAISTED R L. Potato flavor as Related to chemical composition. I. Polyphenols and ascorbic acid[J]. Journal of Food Science, 1971, 36(3): 459-461. DOI:10.1111/j.1365-2621.1971.tb06387x.

- [24] COLEMAN E C, HO C T, CHANG S S. Isolation and identification of volatile compounds from baked potatoes[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1981, 29(1): 42-48. DOI:10.1021/jf00103a012.
- [25] ORUNA-CONCHA M J. Comparison of the volatile components of two cultivars of potato cooked by boiling, conventional baking and microwave baking[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2002, 82(9): 1080-1087. DOI:1002/jsfa.1148.
- [26] BUTTERY R G, GUADAGNI D G, LING L C. Volatile components of baked potatoes[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 1973, 24(9): 1125-1131. DOI:10.1002/jsfa.2740240916.
- [27] MAGA J A, HOLM D G. Subjective and objective comparison of baked potato aroma as influenced by variety/clone[J]. Developments in Food Science, 1992, 29: 537-541. DOI:10.1016/B978-0-444-88834-1.50049-1.
- [28] MAGA J A. Influence of freshness and color on potato chip sensory preferences[J]. Journal of Food Science, 1973, 38(7): 1251-1252. DOI:10.1111/j.1365-2621.1973.tb07250.x.
- [29] DUCKHAM S C, DODSON A T, BAKKER J, et al. Effect of cultivar and storage time on the volatile flavor components of baked potato[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(20): 5640-5648. DOI:10.1021/jf011326+.
- [30] ULRICH D, HOBERG E, NEUGEBAUER W, et al. Investigation of the boiled potato flavor by human sensory and instrumental methods[J]. American Journal of Potato Research, 2000, 77(2): 111-117. DOI:10.1007/BF02853738.
- [31] JOSEPHSON D B, LINDSAY R C. C4-heptenal: an influential volatile compound in boiled potato flavor[J]. Journal of Food Science, 1987, 52(2): 328-331. DOI:10.1111/j.1365-2621.1987.tb06605.x.
- [32] PETERSEN M A, POLL L, LARSEN L M. Identification of compounds contributing to boiled potato off-flavour ('POF')[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie(Food Science and Technology), 1999, 32(1): 32-40. DOI:10.1006/fstl.1998.0506.
- [33] BLANDA G, CERRETANI L, COMAMINI P, et al. Investigation of off-odour and off-flavour development in boiled potatoes[J]. Food Chemistry, 2010, 118(2): 283-290. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.04.135.
- [34] DI R, KIM J, MARTIN M N, et al. Enhancement of the primary flavor compound methional in potato by increasing the level of soluble methionine[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(19): 5695-5702. DOI:10.1021/jf030148c.
- [35] MARLE J T V, STOLLE-SMITS T, DONKERS J, et al. Chemical and microscopic characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cell walls during cooking[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1997, 45(1): 50-58. DOI:10.1021/jf960085g.
- [36] van DIJK C, FISCHER M, HOLM J, et al. Texture of cooked potatoes (*Solanum tuberosum*). 1. Relationships between dry matter content, sensory-perceived texture, and near-infrared spectroscopy[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(18): 5082-5088. DOI:10.1021/jf011509w.
- [37] TRUE R H, WORK T M. Sensory quality of Ontario potatoes compared with principal varieties grown in Maine[J]. American Potato Journal, 1981, 58(7): 375-379. DOI:10.1007/BF02854469.
- [38] THYBO A K, MARTENS M. Instrumental and sensory characterization of cooked potato texture[J]. Journal of Texture Studies, 1999, 30(3): 259-278. DOI:10.1111/j.1745-4603.1999.tb00216.x.
- [39] MARTENS H J, THYBO A K. An integrated microstructural, sensory and instrumental approach to describe potato texture[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie(Food Science and Technology), 2000, 33(7): 471-482. DOI:10.1006/fstl.2000.0688.
- [40] MCCOMBER D R, HORNER H T, CHAMBERLIN M A, et al. Potato cultivar differences associated with mealiness[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994, 42(11): 2433-2439. DOI:10.1021/jf00047a013.
- [41] JARVIS M C, MACKENZIE E, DUNCAN H J. The textural analysis of cooked potato. 2. Swelling pressure of starch during gelatinisation[J]. Potato Research, 1992, 35(1): 93-102. DOI:10.1007/BF02357730.
- [42] LEUNG H K, BARRON F H, DAVIS D C. Textural and rheological properties of cooked potatoes[J]. Journal of Food Science, 1983, 48(5): 1470-1474. DOI:10.1111/j.1365-2621.1983.tb03519.x.
- [43] BETHKE P C, JANSKY S H. The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(5): 80-85. DOI:10.1111/j.1750-3841.2008.00782.x.
- [44] THYBO A K, CHRISTIANSEN J, KAACK K, et al. Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie(Food Science and Technology), 2006, 39(2): 166-176. DOI:10.1016/j.lwt.2004.11.010.
- [45] DANIELS-LAKE B J, PRANGE R K, GAUL S O, et al. A musty "off" flavor in Nova Scotia potatoes is associated with 2,4,6-trichloroanisole released from pesticide-treated soils and high soil temperature[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2007, 132(1): 112-119.
- [46] DOBSON G, GRIFFITHS D W, DAVIES H V, et al. Comparison of fatty acid and polar lipid contents of tubers from two potato species, *Solanum tuberosum* and *Solanum phureja*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(20): 6306-6314. DOI:10.1021/jf049692r.
- [47] PETERSEN M A, POLL L, LARSEN L M. Changes in flavor-affecting aroma compounds during potato storage are not associated with lipoxygenase activity[J]. American Journal of Potato Research, 2003, 80(6): 397-402. DOI:10.1007/BF02854251.
- [48] BLENKINSOP R W, COPP L J, YADA R Y, et al. Changes in compositional parameters of tubers of potato (*Solanum tuberosum*) during low-temperature storage and their relationship to chip processing quality[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(16): 4545-4553. DOI:10.1021/jf0255984.