

不同品种马铃薯雪花粉在方便土豆泥中的应用比较

赵宇慈^{1,2}, 刘琳¹, 段文圣³, 曾凡逵¹, 石瑛⁴, 张海⁵, 刘刚^{1*}

(1. 中国科学院兰州化学物理研究所, 甘肃兰州 730030) (2. 中国科学院大学, 北京 100049)

(3. 兰州理工大学生命科学与工程学院, 甘肃兰州 730050) (4. 东北农业大学农学院, 黑龙江哈尔滨 150006)

(5. 张家口弘基农业科技开发有限公司, 河北张家口 076550)

摘要: 东农 310 为本土培育的适用于全粉加工的马铃薯品种, 该研究以引进生产全粉马铃薯品种大西洋为对照, 从营养物质/质构/挥发性风味物质/感官评价分析了东农 310 马铃薯雪花粉在土豆泥中的应用。研究表明东农 310 雪花粉的干物质、蛋白和淀粉含量较低。矿物质元素中钙含量低于大西洋, 但磷、铁、镁、钾含量都高于大西洋, 吸水性略低大西洋雪花粉。东农 310 雪花粉颜色外观与大西洋相比, 白度基本一致, 黄绿色较深。添加相同比例雪花粉时大西洋质地和粘聚性更接近于市售土豆泥粉所制作土豆泥, 但东农 310 土豆泥质地更软且粘聚度低, 感官评价更适口。GC-MS 香气成分检测, 东农 310 醛类物质含量明显高且气味阈值低, 是土豆泥的关键性香气物质。综合分析认为, 东农 310 雪花粉制作的土豆泥营养成分丰富、整体风味浓郁, 且质地软, 略微提高其比例则可接近市售土豆泥质地, 适用于加工为土豆泥。

关键词: 东农 310; 土豆泥; 营养品质; 质构; 挥发性风味物质

文章编号: 1673-9078(2023)01-144-151

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2023.1.0221

Application of Different Varieties of Potato Flakes in Instant Mashed Potatoes

ZHAO Yuci^{1,2}, LIU Lin¹, DUAN Wensheng³, ZENG Fankui¹, SHI Ying⁴, ZHANG Hai⁵, LIU Gang^{1*}

(1.Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730030, China) (2.University of

Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China) (3. School of Life Science and Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China) (4.College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Haerbin 150006, China)

(5.Zhangjiakou Hongji Agricultural Technology Development Co. Ltd., Zhangjiakou 076550, China)

Abstract: Dongnong 310 is an indigenous potato variety suitable for whole powder processing. Herein, mashed potatoes prepared using Dongnong 310 and Atlantic (introduced for potato flakes variety) were compared in terms of nutrients, texture, volatile flavor compounds, and sensory evaluation. The results showed that the content of dry matter, protein, and starch of Dongnong 310 potato flakes were lower than those of Atlantic potato flakes. Regarding mineral elements, the calcium content was lower, whereas phosphorus, iron, magnesium, and potassium contents were higher in the Dongnong 310 samples than in the Atlantic samples. Water absorption was lower in the Dongnong 310 sample than in the Atlantic sample. The two potato flakes had the same lightness but Dongnong 310 was yellower and greener. When the same proportion of potato flakes was added, the hardness and cohesiveness of Atlantic mashed potato were more similar to those of mashed potatoes made commercially, whereas Dongnong 310 potato had a softer texture and lower cohesion and was more palatable. Gas chromatography-mass spectrometry analysis showed that Dongnong 310 was the key aroma substance of potato because of its high content of aldehydes and low odor threshold, and thus had a greater impact on the intense flavor. Mashed potatoes prepared from Dongnong 310 potato flakes were richer in

引文格式:

赵宇慈,刘琳,段文圣,等.不同品种马铃薯雪花粉在方便土豆泥中的应用比较[J].现代食品科技,2023,39(1):144-151

ZHAO Yuci, LIU Lin, DUAN Wensheng, et al. Application of different varieties of potato flakes in instant mashed potatoes [J]. Modern Food Science and Technology, 2023, 39(1): 144-151

收稿日期: 2022-03-02

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFF0213505); 国家马铃薯产业技术体系专项 (CARS-10)

作者简介: 赵宇慈 (1992-), 女, 博士研究生, 研究方向: 马铃薯加工及营养研究, E-mail: zhaoyuci@licp.cas.cn

通讯作者: 刘刚 (1962-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 马铃薯加工及分离分析技术, E-mail: gangliu@licp.cas.cn

nutrients, had more intense flavor and softer texture than those prepared from Atlantic potato flakes. A slight increase in the proportion can lead to a texture similar to that of commercially available mashed potatoes, which is suitable for processing into mashed potatoes.

Key words: Dongnong 310; mashed potato; nutritional quality; texture analysis; volatile flavor compound

马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 又名土豆、洋芋等, 是世界上仅次于小麦、水稻和玉米的第四大粮食作物^[1], 是一种营养成分较全面的食物资源。马铃薯全粉主要成分是淀粉且淀粉颗粒大, 含有天然磷酸基团, 吸水、吸油性能良好, 矿物质元素含量丰富^[2]。它能够提供特殊的口感和香气, 是马铃薯的主要深加工产品之一, 是一种优质的食品原料^[3,4]。马铃薯全粉包括生全粉和熟全粉, 熟全粉可根据其形态分为颗粒全粉和雪花全粉 (下述文章中称其为雪花粉)^[5]。颗粒全粉采用热风干燥工艺生产, 产品呈颗粒状。雪花粉采用滚筒干燥工艺生产, 产品呈雪花状。

马铃薯雪花粉被广泛应用于方便土豆泥、复合薯条 (片)、快餐 (或速冻) 食品、膨化食品、婴儿食品, 是国际上流行的多种休闲保健食品原料, 在我国食品工业上的应用也日益广泛。马铃薯雪花粉的开发与应用对广大马铃薯产区具有十分重要的经济和社会效益。土豆泥产品是家庭和餐饮机构中马铃薯方便食品的重要组成部分, 中西餐中都很常见, 深受广大消费者的喜爱。目前土豆泥工业化生产还处于初级阶段, 具备较大的市场空间与市场价值^[6]。方便土豆泥的主要成分是雪花粉, 加入调味品制成配方土豆泥粉, 食用时只需简单加热水搅匀即可。市场上用于生产马铃薯全粉的品种主要是大西洋 (来源于美国于 1978 年引入我国), 其次是夏波蒂 (1980 年加拿大育成, 1987 年从美国引进我国试种), 目前市场供应的用于制作土豆泥的雪花粉品种主要为大西洋。马铃薯新品种“东农 310” (审定编号为国审薯 2015004) 是我国东北农业大学以尼古林斯基 (俄罗斯品种) 为母本和 Ns 混 (新型栽培种混合花粉) 为父本杂交而成, 可实现 4 t 原料薯生产 1 t 全粉^[7], 在替代国外马铃薯品种应用于马铃薯全粉及方便土豆泥加工方面具有很大的潜力。

本研究的目的是以大西洋雪花粉为对照, 评价东农 310 马铃薯雪花粉在方便土豆泥加工中的应用, 具体包括营养物质、质构、挥发性风味物质和感官评价等, 为东农 310 马铃薯雪花粉在土豆泥中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

两个品种 (东农 310、大西洋) 马铃薯雪花粉来

自张家口弘基农业科技开发有限责任公司; QSJ-B02R1 搅拌机, 小熊电器; LA8080 氨基酸分析仪, 日本株式会社日立高新技术科学; X-Rite Ci 7800 色度仪, Anderson & Vreeland, Inc. Corporate Headquarters, 美国; TA.XTC-18 质构分析仪, 上海保圣实业发展有限公司; GC-MS QP2010 PIUS 气相色谱质谱联用仪, 日本岛津公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品制备

将两个不同品种商业马铃薯雪花粉进行研磨, 过 100 目筛子, 制备样品东农 310 雪花粉 (Potato flakes-Dongnong 310, PF-DN310) 和雪花粉大西洋 (Potato flakes-Atlantic, PF-AT)

将不同品种的马铃薯雪花粉与水 (超纯水加热至 95 °C, 所在地区海拔 1 500 m 左右, 水沸点为 95 °C), 按 17.5 g 雪花粉比 70 mL 水比例混合, 搅拌机混匀 50 s, 制备样品东农 310 土豆泥 (Mashed Potato-Dongnong 310, MP-DN310) 和大西洋土豆泥 (Mashed Potato-Atlantic, MP-AT)。将处理好的样品进行检测。购买商品调味土豆泥粉 (Commercial Flavored Potato, CMP, 商品调味土豆泥粉配料为马铃薯雪花全粉、全脂乳粉、植脂末、食用盐、食品添加剂等), (上海味好美食品有限公司), 商品调味土豆泥粉按比例 (17.5 g 雪花粉添加 70 mL 水) 混合处理进行质构对比测试。

1.2.2 雪花粉营养成分及吸水性测定

样品的干物质含量按照许丹^[8]的方法进行测定。蛋白含量测定采用凯氏定氮法, 将测定的含氮总量乘以 6.25 即为样品中的蛋白含量。总淀粉含量测定方法为参照 GB 5009.9-2016 第二法。磷、铁、钙、镁、钾矿物质元素分别依照 GB 5009.87-2016、GB 5009.90-2016、GB 5009.92-2016、GB 5009.241-2017、GB5009.91-2017 方法进行测定。

称取 1.00 g 左右样品 (m_0) 放入已知质量的离心管 (m_1) 中, 加入 50 mL 蒸馏水, 30 °C 水浴条件下搅拌 30 min, 冷却, 充分离心, 称取离心管及沉淀物总质量 (m_2), 按公式 (1) 计算吸水性。

$$J_{\text{水}} = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \quad (1)$$

式中:

$J_{\text{水}}$ ——吸水性, g/g;

m_0 —样品质量, g;

m_1 —离心管质量, g;

m_2 —离心管及沉淀物总质量, g。

1.2.3 雪花粉色度检测

用 X-Rite Ci 7800 色度仪 (Anderson & Vreeland, Inc. Corporate Headquarters, Fairfield, 美国) 测定两种商品马铃薯雪花粉色度, 使用 L^* 、 a^* 、 b^* 空间法表示, 每个样品测定 5 次。根据国际照明委员会 (CIE) 1976, 参数 L^* 、 a^* 、 b^* 分别表示颜色亮度值、红绿色度和黄蓝色度。 L^* 值表示亮度和白度, a^* 值表示红绿度, 越大则越红; b^* 值表示黄蓝度, 越大则越黄。

1.2.4 土豆泥质构检测

用质构分析仪 TA.XTC-18 对土豆泥进行粘性挤压测试, 在室温下进行检测, 探头为 TA/0.5 S 球形探头, 触发力为 5 gf, 测试速度为 1 mm/s, 探头下压位移为 5 mm, 每个样品进行 4 次平行实验, 所测指标为最大正力、最大负力、正面积、负面积。所采集的数据用 TA-XTC-18 质构仪自带软件进行统计计算。质构结果中最大正力表示探头与土豆泥接触过程中样品对探头的作用表现出的最大抵抗力, 可表示其硬度, 该值越小则样品越松软。面积为探头对样品作用时做的功, 面积越大则探头在下压过程中所需要做功也越多。曲线的负值区域, 是探头返回过程中一部分样品被探头带起造成的。最大负力表明了样品的粘聚性, 负面积为探头对样品作用时做的功。

1.2.5 香气成分检测

固相萃取 (SPE): 分别称取 8 g 样品, 加入 13.5 mL 饱和 NaCl 溶液充分搅拌。然后将匀浆放入装有磁力搅拌转子的 40 mL 顶空小瓶中, 并用盖子密封。再将样品在 40 °C 下平衡加热 20 min。将活化的萃取柱置于顶空瓶中, 40 °C 萃取 40 min 进行 GC-MS 分析。GC-MS QP2010 PIUS 配备安捷伦 INNOWAX 毛细管色谱柱 (60 m×0.25 mm, 0.5 μm, 美国), 高纯氦气 (纯度≥99.999%) 作为载气, 流速为 1 ml/min。分流进样模式 (20:1), 采用的温度程序最初是 60 °C 保持 1 min, 然后以 20 °C/min 的速率升高到 180 °C, 然后以 25 °C/min 的速度升温至 230 °C 并保持 5 min, 进样口温度为 200 °C, 在 70 eV 离子源 (Electron Impact, EI) 电子轰击下记录质谱。输送线和离子源温度分别为 200 和 230 °C。质谱使用质量范围 35~500 m/z。质谱扫描图谱与数据库对比, 采用气相色谱峰面积归一化法定量计算出各香气成分样品中的相对含量。本研究只分析匹配度大于 80% 的组分。

ROAV (挥发性风味成分相对风味活度值) 测定, 采用 ROAV 评价各挥发性风味成分对总体风味的贡献

程度。定义对样品风味贡献最大的组分 $ROAV_{max}=100$, 其他香气成分 ROAV 计算公式为 (2):

$$ROAV = \frac{c}{c_{max}} \times \frac{T_{max}}{T} \times 100 \quad (2)$$

式中:

c —各挥发性风味物质的相对含量, %;

T —各挥发性风味物质的气味阈值, μg/kg;

c_{max} —贡献最大组分的相对含量, %;

T_{max} —贡献最大组分对应的阈值, μg/kg。

$ROAV \geq 1$, 则该挥发性风味物质为该样品的主体风味成分, 且在一定范围内, ROAV 越大说明该成分对样品总体风味贡献越大; $0.1 \leq ROAV < 1$, 则挥发性风味物质对样品风味有修饰作用。

1.2.6 感官评价

感官品质评价方法: 组织从事食品评价工作专家 10 人, 6 女 4 男, 年龄为 26~56 岁。分别对其对外观、气味、味觉 (甜、酸、咸、苦)、泥土味、粉状质地、松软感进行满分为 5 分制的评价^[9], 评分标准见表 1。

表 1 感官品质评价标准

Table 1 The criteria of sensory quality evaluation

评价指标	评价标准	分值
外观	颜色均匀、淡黄色、浓稀程度	5
气味	闻起来有马铃薯特有的香味、无异味	5
甜	甜味越浓分数越高	5
酸	酸味越浓分数越低	5
咸	咸味越浓分数越低	5
苦	苦味越浓分数越低	5
泥土味	泥土味越浓分数越低	5
粉状质地	粉质细腻、平滑, 无颗粒感	5
松软感	入口不会黏腻、口感绵软、适口程度	5

1.2.7 统计分析

以上实验均重复 3 次, 采用 SPSS Statistics 23.0 软件对数据进行显著性分析, 采用 Duncan 检验, 显著性水平设为: $p < 0.05$ 。数据以平均值±标准差表示。堆积柱状图用 Origin 2018 绘制。

2 结果与讨论

2.1 雪花粉营养成分、吸水性及外观分析

东农 310 雪花粉的干物质、蛋白含量和淀粉含量分别为 90.12 g/100 g、7.06 g/100 g 和 73.36 g/100 g, 变异系数分别为 1.48%、8.84% 和 7.49%, 都略低于大西洋 (见表 2)。

东农 310 雪花粉中矿物质元素磷含量为 226.00 g/100 g, 远高于大西洋雪花粉的 135.00 g/100 g,

变异系数为 35.65%，差异极显著 ($p < 0.01$)；东农 310 雪花粉中铁、镁、钾的含量分别为 24.84 mg/kg、1 092.07 mg/kg 和 5 076.80 mg/kg，同样高于大西洋雪花粉中铁、镁、钾的含量，大西洋雪花粉中的含量分别为 18.31、815.91 和 4 393.40 mg/kg，两个品种马铃薯雪花粉相关指标变异系数的范围为 10.21%~21.37%。东农 310 雪花粉中钙的含量为 129.23 mg/kg，大西洋雪花粉为 147.64 mg/kg，变异系数为 9.40%，大西洋雪花粉中钙的含量略高于东农 310 中钙的含量。

表 2 雪花粉外观营养成分、吸水性及颜色

Table 2 The nutrition, water absorption and the CIE L^* , a^* and b^* lab scale values of different varieties potato flakes

项目	PF-DN310	PF-AT	变异系数%
干物质/(g/100 g)	90.12±0.15 ^a	92.02±0.06 ^b	1.48
蛋白质/(g/100 g)	7.06±0.23 ^a	8.00±0.15 ^b	8.84
淀粉/(g/100 g)	73.36±1.21 ^a	81.56±0.98 ^b	7.49
磷/(mg/100 g)	226.00±5.66 ^b	135.00±0.67 ^a	35.65
铁/(mg/kg)	24.84±0.92 ^b	18.31±0.70 ^a	21.37
钙/(mg/kg)	129.23±3.86 ^a	147.64±5.01 ^b	9.40
镁/(mg/kg)	1 092.07±24.85 ^b	815.91±17.43 ^a	20.47
钾/(mg/kg)	5 076.80±139.05 ^b	4 393.40±98.20 ^a	10.21
吸水性/(g/g)	7.09±0.07 ^a	8.91±0.33 ^b	16.09
L^*	88.04±0.07 ^a	88.86±0.17 ^b	0.66
a^*	-0.66±0.08 ^a	-0.48±0.04 ^b	22.33
b^*	10.40±0.05 ^b	9.47±0.1 ^a	6.62

注：各行数值上标不同字母表示显著性差异 $p < 0.05$ 。

大西洋雪花粉的吸水性为 8.91 g/g，高于东农 310 的吸水性 7.09 g/g，影响土豆泥的状态。东农 310 雪花粉干物质含量为 90.12 g/100 g，则含水量为 9.88 g/100 g，

表 3 土豆泥质构粘性挤压测试结果

Table 3 Mashed potato texture sticky squeeze test results

	最大正力/gf	正面积/(gf sec)	最大负力/gf	负面积/(gf sec)
MP-DN310	37.20±0.67 ^a	116.95±1.97 ^a	-14.76±0.28 ^c	-15.14±0.71 ^c
MP-AL	47.18±1.28 ^b	149.49±6.49 ^b	-25.45±1.46 ^b	-40.52±5.07 ^a
CMP	52.49±1.12 ^c	159.96±2.57 ^c	-26.49±0.35 ^a	-40.09±1.73 ^b

注：各行数值上标不同字母表示显著性差异 $p < 0.05$ 。

2.3 香气成分分析

2.3.1 挥发性风味物质相对含量分析

土豆泥挥发性风味物质相对含量和数量见表 4，其中东农 310 共检测出 37 种风味物质，大西洋共检测出 34 种风味物质。两种土豆泥共检测出 43 种挥发性风味物质，其中酯类 2 种、烯炔类 3 种、烷炔类 12 种、酮类 5 种、醛类 13 种、呋喃类 1 种、醚类 1 种、

大西洋雪花粉为 92.02 g/100 g，则含水量为 7.98 g/100 g。由于其自身含水量较高，则其吸水效果略差。

从颜色检测结果来看，两种雪花粉的 L^* 差异不大，所以其亮度和白度基本一致。东农 310 雪花粉和大西洋雪花粉的 a^* 值都为负值，即其都发绿，且东农 310 比大西洋更绿一些。东农 310 雪花粉的 b^* 值为 10.4，大西洋为 9.47，所以东农 310 更黄一些。

从表 2 还可以看出，东农 310 的干物质、蛋白、淀粉含量均低于大西洋。但是所检测矿物质元素除了钙以外，磷、铁、镁、钾的含量都高于大西洋。所以，东农 310 雪花粉相对于大西洋雪花粉作为土豆泥的原料更有益于人体补充所需的矿物质元素。

2.2 质构分析

由表 3 可知，东农 310 最大正力为 37.2 gf、正面积为 116.95 gf，大西洋为 47.18 gf、正面积为 149.49 gf sec，对比土豆泥为 52.49 gf、正面积为 159.96 gf sec。而相同处理方式下，东农 310 最松软，大西洋和对比土豆泥的坚固度相差不大。东农 310 土豆泥的最大负力为 14.76 gf、负面积为 15.14 gf sec，大西洋土豆泥为最大负力为 25.45 gf、负面积为 40.52 gf sec，作为对比的商品调味土豆泥的最大负力为 26.49 gf、负面积为 40.09 gf sec。大西洋和对比土豆泥的粘聚性基本一致，而东农 310 的粘聚性低，因为东农 310 雪花粉的吸水性低于大西洋，在其复水过程中，添加相同比例的水，大西洋吸收的水分更多，则其半固体状态会更加浓稠一些。相同比例的雪花粉和水制成的土豆泥，质构特性方面大西洋更接近于市售土豆泥。以东农 310 雪花粉制作方便土豆泥，适当提高雪花粉的添加量即可。

醇类 6 种。由图 1 可知，两种土豆泥所检出挥发性风味物质含量由多到少为醛类、烷炔类、醇类，且挥发性羟基化合物醛类物质能产生浓郁香味^[10]。其余类别挥发性风味物质含量低且相差不大。

东农 310 土豆泥检出 13 种醛类物质，所含百分比为 59.98%，而大西洋土豆泥检测出 10 种醛类物质，所含百分比为 49.76%，且阈值较低对土豆泥整体的风味影响较大。两种土豆泥共有的挥发性风味物质有 11

种, 分别为 2-甲基丁醛、戊醛、正己醛、2-甲基-2-戊烯醛、2-甲基-2-戊烯醛、庚醛、(E)-2-庚烯醛、2-乙基-2-己烯醛、反-2-辛烯醛、苯甲醛、2-丁基-2-辛烯醛。东农 310 土豆泥中检测出含量最高的醛类物质为 2-丁基-2-辛烯醛, 该物质也是所有检测到的挥发性物质中含量最高的, 相对含量为 23.5%, 其次是正己醛, 含量为 23.39%。大西洋检出含量最高的挥发性物质含量最高的为正己醛(20.18%), 其次是 2-丁基-2-辛烯醛。正己醛 2-丁基-2-辛烯醛为一种具有果香、青香、甜香、成熟的果汁香味的挥发性风味物质。异戊醛、8-甲基庚醛、苯乙醛为东农 310 特有醛类香气成分。

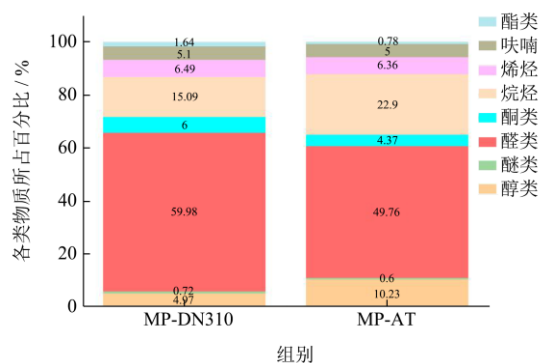


图 1 土豆泥挥发性风味物质成分种类占总量的百分比

Fig.1 Types and percentages of volatile flavor components in different mashed potatoes

东农 310 土豆泥中所检测出烷烃类挥发性风味化合物共 8 种, 占有挥发性风味物质相对含量的 15.09%。大西洋检测出烷烃共 10 种, 占有挥发性风味物质相对含量的 22.9%。由于烷烃的香味阈值都很高^[11], 且仅对土豆泥的香气起修饰作用, 因此两种土豆泥烷烃类风味化合物的差异对土豆泥的整体风味影响不大。

土豆泥中共检测出醇类 6 种, 东农 310 土豆泥共检测出 5 种, 大西洋土豆泥同样检出 5 种。其中正戊醇(酒香、果香、面包香)、2-丁基-1-辛醇(植物香气)^[10]、1-辛烯-3-醇(泥土味、蘑菇香、青香)^[12]、3, 5-壬二

表 4 土豆泥挥发性风味物质相对含量

Table 4 Relative content of volatile flavor substances in different mashed potatoes

编号	保留时间/min	CAS 号	名称	相对含量/%	
				MP-DN310	MP-AT
酯类					
1	14.79	123-86-4	乙酸丁酯	0.74	0.78
2	41.82	20290-84-0	油酸乙酯	0.90	—
烯炔类					
3	15.81	29833-69-0	2-甲基-1-十五烯	0.13	—
4	17.27	7433-56-9	反式-5-癸烯	0.98	0.98
5	38.83	2437-56-1	1-十三烯	5.38	5.38

烯-2-醇为两种土豆泥共有的挥发性香气成分。其中大西洋中检测出的 2-丁基-1-辛醇含量比东农 310 高很多。2-十六醇和 4,8-二甲基-1-壬醇分别为东农 310 和大西洋所特有的香气成分。

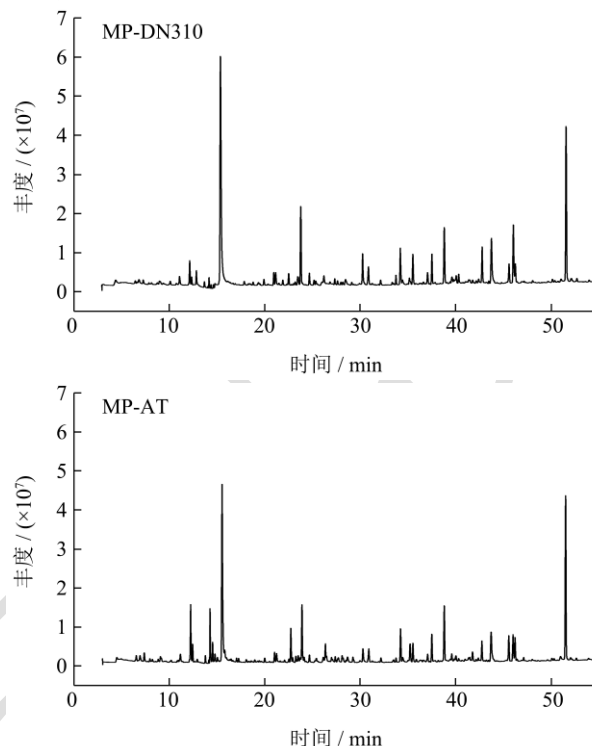


图 2 土豆泥挥发性风味物质的总离子流图

Fig.2 Total ion chromatogram of aroma compounds in different mashed potatoes

酯类、呋喃类、酮类、醚类、烯炔类两种土豆泥含量都较低且含量相差并不大, 如图 1 和表 4 所示。油酸己酯(相对含量为 0.90%)、2-甲基-1-十五烯(相对含量为 0.13%)、3,5-辛二烯酮(相对含量为 2.08%, 草香、果香、奶香^[13])为东农 310 所检出特有的香气成分。5-乙基-3-庚-2-酮为大西洋土豆泥所检出特有的香气成分。其余挥发性香气成分为共有, 且含量相差不大。两种土豆泥的总离子流色谱图见图 2。

续表 4

编号	保留时间/min	CAS 号	名称	相对含量/%	
				MP-DN310	MP-AT
烷烃类					
6	6.52	2213-23-2	2,4-二甲基庚烷	0.57	0.47
7	7.35	921-47-1	2,3,4-三甲基正己烷	0.77	0.74
8	12.19	61141-72-8	4,6-二甲基十二烷	9.02	13.22
9	14.14	52670-34-5	2,3,6,7-四甲基辛烷	0.10	—
10	15.05	62016-19-7	6-乙基-2-甲基辛烷	0.21	0.35
11	22.77	3891-99-4	2,6,10-三甲基庚烷	1.10	1.49
12	23.75	629-50-5	十三烷	—	0.49
13	24.17	54833-48-6	2,6,10,15-四甲基十七烷	—	0.73
14	26.51	20959-33-5	7-甲基十七烷	0.26	—
15	27.03	544-76-3	正十六烷	—	0.73
16	34.26	52954-47-9	顺式-1-甲基-9-氧杂双环[6.1.0]壬烷	3.05	2.85
17	35.93	629-94-7	二十一烷	—	1.83
酮类					
18	6.91	67-64-1	丙酮	0.72	0.60
19	21.04	110-43-0	2-庚酮	1.38	1.22
20	21.26	111-71-7	5-乙基-3-庚-2-酮	—	0.89
21	35.55	1669-44-9	3-辛烯-2-酮	1.82	1.66
22	42.80	38284-27-4	3,5-辛二烯酮	2.08	—
醛类					
23	9.05	96-17-3	2-甲基丁醛	0.44	0.41
24	9.15	590-86-3	异戊醛	0.34	—
25	11.13	110-62-3	戊醛	0.80	1.01
26	15.41	66-25-1	正己醛	23.39	20.18
27	20.00	623-36-9	2-甲基-2-戊烯醛	0.43	0.38
28	21.19	111-71-7	庚醛	0.89	0.78
29	30.29	18829-55-5	(E)-2-庚烯醛	1.33	1.27
30	30.90	645-62-5	2-乙基-2-己烯醛	1.53	1.38
31	35.27	13287-23-5	8-甲基庚醛	1.38	—
32	37.11	2548-87-0	反-2-辛烯醛	0.85	0.84
33	43.77	100-52-7	苯甲醛	4.31	4.03
34	51.07	122-78-1	苯乙醛	0.79	—
35	51.58	13019-16-4	2-丁基-2-辛烯醛	23.50	19.49
吡喃类					
36	23.82	3777-69-3	2-正戊基吡喃	5.10	5.00
醚类					
37	40.08	2461-15-6	辛基缩水甘油醚	0.72	0.60
醇类					
38	15.92	33933-80-1	4,8-二甲基-1-壬醇	—	0.30
39	24.70	71-41-0	正戊醇	0.69	0.57
40	28.13	3913-02-8	2-丁基-1-辛醇	0.39	1.85
41	28.71	14852-31-4	2-十六醇	0.52	—
42	37.54	3391-86-4	1-辛烯-3-醇	2.61	2.28
43	39.65		3,5-壬二烯-2-醇	0.75	5.24

注: 表中-代表未检出。

2.3.2 挥发性风味物质 ROAV 值分析

风味成分是评价土豆泥品质的重要指标^[14]。挥发性风味物质对马铃薯风味特征的贡献是由其相对含量和香气阈值决定的。挥发性风味物质含量的高低并不能完全决定其对马铃薯风味贡献大小^[15]。不同品种的土豆泥可以检测出多种挥发性风味物质,但是只有其中一部分对马铃薯的整体风味有贡献,剩余部分只起到修饰和协同作用。

本研究中,东农 310 土豆泥和大西洋土豆泥中的正己醛含量最高,对样品的香气的贡献最大,定义正己醛为 $ROAV_{max}=100$;其他成分的 ROAV 值见表 5。

表 5 土豆泥挥发性风味物质的香气阈值及 ROAV 值

挥发性风味物质	气味阈值/($\mu\text{g}/\text{kg}$) ^[11,16]	MP-DN310	MP-AT	风味特征描述
乙酸丁酯	6 600	<0.01	<0.01	强烈的水果香气,近似于生梨、香蕉香气
正十六烷	300 000	<0.01	<0.01	
2-庚酮	140	0.19	0.19	香蕉、奶酪香气及轻微的药香
2-甲基丁醛	1	8.52	9.17	果香、巧克力香、坚果香、青香
戊醛	20	0.77	1.13	果香、面包香
正己醛	4.5	100.00	100.00	苹果香
庚醛	3	5.68	5.76	果香、甜杏、坚果香气
反-2-辛烯醛	3	5.47	6.23	花香
苯甲醛	350 000	<0.01	<0.01	杏仁香味
正戊醇	4 000	<0.01	<0.01	面包香、酒香、果香
1-辛烯-3-醇	1	50.17	50.79	泥土味、蘑菇香、青香、蔬菜香
2-正戊基呋喃	6	16.36	18.58	豆香、果味香
丙酮	350 000	<0.01	<0.01	

注:此表中未列出的已检出挥发性香气成分均为无法查到该物质香气阈值。

醛类物质、烷烃物质在两种土豆泥中的相对含量均超过 70%,东农 310 中醛类物质更多一些,由于其气味阈值低,ROAV 值高,在整体风味中贡献率会高,所以,其风味更浓郁一些。感官评价中气味分数更高一些,具体见感官评价结果。

2.4 感官评价

感官评价很大程度上是基于个人判断和主观定性评估,其结果虽然不是绝对的,但可以反映出消费者的偏好。如表 6 所示,气味评价中东农 310 土豆泥的得分更高。品尝口味中东农 310 土豆泥的甜味和酸味更浓一些,大西洋土豆泥的苦味和咸味更浓一些。泥土味是马铃薯特色风味的一部分,不像在饮用水、鱼中被认为“泥土味”是不良风味,土豆泥中是一种积极的风味^[17,18]。土豆泥的松软度上,东农 310 分数更高,松软更受欢迎,但其外观分数较低。

ROAV ≥ 1 的成分有 2-甲基丁醛、庚醛、正己醛、反-2-辛烯醛、1-辛烯-3-醇、2-正戊基呋喃,且其阈值较低,为两种土豆泥检出物质中的关键性香气物质。戊醛在东农 310 土豆泥检出香气成分中 ROAV 值为 0.77,大西洋中 ROAV 值为 1.13,所以此成分在东农 310 土豆泥的风味中起修饰作用,而在大西洋的风味中起关键性作用。0.1 \leq ROAV < 1 的成分有 2-庚酮,这对土豆泥的风味起修饰作用。ROAV < 0.1 的成分为乙酸丁酯、正十六烷、苯甲醛、正戊醛、丙酮,对整体风味贡献最小。

表 6 土豆泥感官品质评价

Table 6 Evaluation of sensory quality of mashed potato

评价指标	MP-DN310	MP-AT
外观	3.5	3.66
气味	3.51	3.34
甜	2.84	2.61
酸	3.5	3.24
咸	4.27	4.45
苦	3.1	3.32
泥土味	3.31	2.93
粉状质地	4.02	4.13
松软感	3.12	2.79

3 结论

通过东农 310 雪花粉在方便型土豆泥中应用的探索性分析,可知东农 310 雪花粉的干物质、蛋白、淀

粉含量分别为 90.12 g/100 g、7.06 g/100 g 和 73.36 g/100 g, 略低于大西洋雪花粉。矿物质元素钙含量为 129.23 mg/kg, 略低于大西洋雪花粉中钙的含量 147.64 mg/kg。但磷的含量为 226.00 g/100 g 远高于大西洋雪花粉中磷的含量 135.00 g/100 g, 并且东农 310 雪花粉中铁、镁、钾的含量分别为 24.84、1 092.07 和 5 076.80 mg/kg 高于大西洋雪花粉中铁、镁、钾的含量, 营养丰富。东农 310 雪花粉颜色外观与大西洋相比, 白度基本一致, 黄绿色较深。东农 310 雪花粉吸水性较低, 与其自身含水量有关。

当添加相同比例雪花粉时, 东农 310 土豆泥质地更软且粘聚度低, 感官评价更适口。其比例略提高质地会接近市售土豆泥粉所制土豆泥。

GC-MS 香气成分检测, 东农 310 土豆泥挥发性风味物质检测到醛类物质相对含量为 59.98%、烷烃类物质相对含量为 15.09%, 大西洋土豆泥中检测两种物质相对含量分别为 49.76%, 22.9%, 醛类和烷烃类相对含量之和高于 70%, 且其余组分含量及种类差别不大。而醛类物质的气味阈值较高, 烷烃类物质气味阈值较低, 所以, 醛类物质对整体风味影响较大, 其风味更浓郁。

综上所述, 东农 310 雪花粉适用于方便型土豆泥加工。

参考文献

- [1] 赵宇慈, 许丹, 靳承煜, 等. 马铃薯块茎干物质、淀粉及还原糖含量的检测及相关性分析[J]. 现代食品科技, 2017, 33(10): 288-293, 280
- [2] ZHAO Yuci, ZHOU Xiaoping, LEI Chunni, et al. The effect of raw dehydrated potato flour on the Theological properties of dough and nutritional quality of chiffon cakes [J]. International Journal of Food Engineering, 2021, 17(8): 619-632
- [3] 李明月, 陈志成. 马铃薯全粉的生产工艺及应用前景[J]. 粮食与食品工业, 2016, 23(5): 39-42
- [4] Al Rekabi Zeinab, Davies Suzanne L, Clifford Charles A. Nanomechanical properties of potato flakes using atomic force microscopy [J]. Journal of Food Engineering, 2021, 307(1): 110646
- [5] LU Li. Research on Optimal Production Condition Optimization of Mashed Potato Cake with Response Surface Method [C]// in 5th International Conference on Green Power, Materials and Manufacturing Technology and Applications (GPMMTA). 2019, Taiyuan, China
- [6] 甘国超, 蔡利, 魏于涵. 不同干燥方式对土豆泥品质的影响[J]. 现代食品, 2020, (10): 72-74, 77
- [7] 王泽农. 马铃薯新品种“东农 310”问世可实现 4 吨原料薯生产 1 吨全粉[J]. 中国食品, 2021, 20: 157
- [8] XU Dan, LIU Hong, JIN Chengyu, et al. A new potato variety grown in China suitable for raw eating [J]. European Food Research and Technology, 2017, 5: 851-860
- [9] 林宇华. 天然海鲜风味土豆泥的工艺研究[J]. 中国调味品, 2015, 40(7): 120-123
- [10] 崔亚辉, 魏宾, 徐芳, 等. 栗蘑挥发性香气成分的研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 88-90
- [11] 刘国敏, 覃维治, 韦荣昌, 等. 不同品种(系)马铃薯挥发性风味物质对比分析[J]. 食品工业科技, 2022, 43(9): 284-292
- [12] Thybo A K, J Christiansen, K Kaack, et al. Effect of cultivars, wound healing and storage on sensory quality and chemical components in pre-peeled potatoes [J]. LWT - Food Science and Technology, 2006, 39(2): 166-176
- [13] Akhani S P, S L Vishwakarma, R K J J O P Goyal, et al., Anti-diabetic activity of *Zingiber officinale* in streptozotocin-induced type I diabetic rats [J]. Pharmacy and Pharmacology, 2010, 56(1): 101-105
- [14] WANG Hui, LIU Hui, LIU Jia, et al. A comprehensive quality system of six different varieties of mashed potatoes [J]. International Food Research Journal, 2019, 26(5): 1495-1503
- [15] 刘笑生, 刘建斌, 刘梦雅, 等. SAFE 与 SDE 法对金华火腿皮下脂肪气味活性物质研究 [J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(1): 40-46
- [16] 里奥 范海默特. 化合物香味阈值汇编[M]. 北京: 科学出版社, 2015
- [17] Darriet P, M Pons, S Lamy, et al. Identification and quantification of geosmin, an earthy odorant contaminating wines [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(10): 4835-4838
- [18] R F Robertson, K Jauncey, M C M Beveridge, et al. Depuration rates and the sensory threshold concentration of geosmin responsible for earthy-musty taint in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss* [J]. Aquaculture, 2005, 245(1-4): 89-99