

中国新疆牛肉干独特风味物质解析及工艺优化研究

赵群 赵燕燕 杨丽晴

新疆石河子职业技术学院

DOI:10.12238/as.v8i5.2943

[摘要] 本研究以新疆牛肉干为研究对象,采用固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术(SPME-GC-MS)和气相色谱-嗅闻技术(GC-O)相结合的方法,系统分析其挥发性风味物质组成与关键风味贡献因子。结果表明,新疆牛肉干中的主要风味成分包括醛类、酮类、醇类、呋喃类和吡嗪类,其中醛类含量最高,占比达38.6%,如己醛和壬醛等为主要赋香物质。通过OAV分析与嗅闻评分,鉴定出2-乙酰基吡嗪、己醛和甲基糠醛等10种关键风味物质,对新疆牛肉干独特香气具有显著贡献。在此基础上,结合传统“炒制+自然晾干”工艺特点,提出了炒制温度精准控制、自然晾干环境优化及原料处理标准化等三方面的工艺优化建议,为提升产品风味稳定性和工业化水平提供了理论依据与技术支持。

[关键词] 新疆牛肉干; 风味物质; GC-MS

中图分类号: TS251.5+2 **文献标识码:** A

Study on the analysis of unique flavor substances and process optimization of Xinjiang beef jerky in China

Qun Zhao Yanyan Zhao Liqing Yang

Xinjiang Shihezi Vocational and Technical College

[Abstract] This study focuses on Xinjiang beef jerky and employs a combined method of solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) and gas chromatography-olfaction (GC-O) to systematically analyze the composition of its volatile flavor compounds and key flavor contributors. The results show that the main flavor components in Xinjiang beef jerky include aldehydes, ketones, alcohols, furans, and pyrazines, with aldehydes being the most abundant at 38.6%. Aldehydes such as hexanal and nonanal are the primary aromatic substances. Through OAV analysis and olfactory scoring, ten key flavor compounds, including 2-acetylpyrazine, hexanal, and methyl furan, were identified as significantly contributing to the unique aroma of Xinjiang beef jerky. Based on this, and considering the traditional "roasting + natural drying" process characteristics, three optimization suggestions are proposed: precise control of roasting temperature, optimization of natural drying environment, and standardization of raw material processing. These recommendations provide theoretical basis and technical support for enhancing the flavor stability and industrialization level of the product.

[Key words] Xinjiang beef jerky; flavor substances; GC-MS

1 研究目的

本研究以新疆牛肉干为研究对象,采用现代分析技术解析其风味物质组成,并通过优化加工工艺提升其风味质量,为产业化生产提供科学依据,助力新疆牛肉干品牌化和市场竞争力的提升。

2 新疆牛肉干风味物质解析

2.1 实验材料与试剂

本研究采用新疆当地市场销售的牛肉干作为实验样品,选取不同品牌的牛肉干共5种,分别编号为S1、S2、S3、S4和S5,

每种样品分别称取50g用于风味物质提取。试剂方面,实验所用的有机溶剂包括分析纯正己烷(CAS号: 110-54-3, 品牌: 国药集团, 纯度≥99.5%)和高纯度氦气(99.999%, 上海世测气体有限公司)。此外,采用C7-C40正烷烃混标(Sigma-Aldrich, 货号: 49451-U)进行保留指数(RI)校正。实验中使用的内标物质为4-甲基-2-戊醇(CAS号: 108-11-2, Sigma-Aldrich), 浓度设定为0.005 mg/mL, 用于GC-MS定量分析。实验所用仪器包括Agilent 7890B-5977A气相色谱-质谱联用仪(GC-MS), 配备HP-5MS极性柱(30m × 0.25mm × 0.25 μm, 安捷伦); 用于气相色谱-嗅闻(GC-O)的设

备为Gerstel ODP-3嗅闻检测系统。所有实验在室温(25℃)条件下进行,试剂和样品均在实验前存放于-20℃低温冰箱,以减少挥发性化合物的损失。

2. 2风味物质提取方法

本研究采用固相微萃取 (SPME) 技术提取新疆牛肉干的挥发性风味物质, 以确保不同样品间的分析一致性。实验选取50/30 μ m DVB/CAR/PDMS萃取头, 在使用前于250℃下老化30min。每个牛肉干样品称取5. 0g, 置于40mL顶空瓶中, 加入1mL饱和NaCl溶液, 并密封瓶口。样品在40℃恒温振荡30min以促进挥发性风味物质的释放。随后, 将SPME纤维插入顶空瓶中进行吸附, 萃取时间设定为40min, 确保风味成分的充分富集。萃取后, SPME纤维立即插入GC-MS进样口, 在250℃下解吸5min, 以保证分析的稳定性和重复性。每个样品重复测试3次, 并进行标准曲线校正, 保证数据的准确性。

2. 3气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 分析

挥发性风味物质的分离和鉴定采用Agilent 7890B-5977A GC-MS系统, 进样口温度设定为250℃, 采用分流模式(分流比10:1)。色谱柱为HP-5MS (30m×0. 25mm×0. 25 μ m), 载气为高纯氦气(流速1. 0mL/min)。初始柱温设定为40℃, 保持2min后以4℃/min的速率升至150℃, 再以6℃/min的速率升至230℃, 最后以10℃/min的速率升至280℃并保持5min。质谱检测采用电子轰击 (EI) 模式, 离子化能量70eV, 扫描范围设定为m/z30-550。采用NIST 20和Wiley 275质谱库进行谱图匹配, 匹配度大于80%的化合物视为有效鉴定。

2. 4气相色谱-嗅闻 (GC-O) 分析

为进一步解析新疆牛肉干的关键风味物质, 本研究采用GC-O嗅闻技术结合专家感官分析法。实验邀请6名经验丰富的嗅闻分析员(3男3女, 年龄30-45岁), 对GC-O分析中的关键风味物质进行嗅闻描述和强度评分。采用Agilent 7890B GC配备Gerstel ODP-3嗅闻装置, 分析参数与GC-MS相同。分析过程中, 每位嗅闻员使用9点标度法(0-9分)记录各成分的感知强度, 并对主要气味特征进行描述。

3 数据分析与结果

3. 1新疆牛肉干的主要挥发性风味成分

本研究采用GC-MS分析了新疆牛肉干的挥发性风味物质, 检测到的化合物涵盖醛类、酮类、醇类、呋喃类、吡嗪类等五大类。实验共筛选出45种主要挥发性成分, 并根据其相对含量进行归类分析(表3-1)。其中, 醛类化合物在所有样品中占比最高(38. 6%), 其次为酮类(18. 4%)、醇类(14. 7%)、呋喃类(9. 2%)和吡嗪类(6. 8%)。从各类别的主要成分来看, 己醛(hexanal, 12. 3%)、壬醛(nonanal, 9. 5%)、2-乙酰基吡嗪(2-acetylpyrazine, 5. 7%)等是牛肉干风味的核心贡献物质。己醛具有明显的青草香, 是脂肪氧化的主要产物, 常见于熟肉制品; 壬醛带有淡雅的果香和油脂香, 赋予牛肉干更复杂的风味层次; 而2-乙酰基吡嗪是烘焙过程中产生的关键化合物, 带有坚果和烤肉的香气。

实验数据显示, 新疆牛肉干的风味复杂多变, 不同品牌间的

风味成分存在一定差异, 但整体趋势表现为醛类和吡嗪类含量较高, 是影响新疆牛肉干独特风味的主要因素。

表3-1 新疆牛肉干主要挥发性风味成分

类别	主要化合物	相对含量(%)	气味描述
醛类	己醛	12. 3	青草香、脂肪氧化香
	壬醛	9. 5	果香、脂肪香
	2-甲基丁醛	6. 1	坚果香、焦香
酮类	2-庚酮	7. 8	甜香、奶香
	3-辛酮	6. 4	脂香、奶油香
醇类	1-辛醇	5. 9	草本香、果香
	苯甲醇	4. 8	甜香、花香
呋喃类	2-甲基呋喃	5. 2	焦糖香、烤香
	甲基糠醛	4. 0	焦糖甜香
吡嗪类	2-乙酰基吡嗪	5. 7	坚果香、烘焙香
	2-甲基吡嗪	3. 2	烘烤坚果香

3. 2关键风味物质的鉴定与贡献分析

为了进一步分析新疆牛肉干的风味贡献物质, 本研究结合GC-O嗅闻检测法, 对关键挥发性化合物进行了嗅闻强度评分, 并采用感官贡献度计算(OAV=物质浓度/感知阈值)来确定其对整体风味的贡献程度(表3-2)。实验共筛选出10种关键风味物质, 其OAV值均大于1, 表明这些化合物在新疆牛肉干的风味形成中具有重要作用。其中, 2-乙酰基吡嗪(OAV=350. 4)、己醛(OAV=275. 3)、甲基糠醛(OAV=248. 6)是风味贡献度最高的化合物。

表3-2 新疆牛肉干关键风味物质及贡献分析

物质	浓度(μg/kg)	感知阈值(μg/kg)	OAV	嗅闻强度(0-9分)	气味描述
2-乙酰基吡嗪	178. 9	0. 51	350. 4	8. 1	坚果香、烘焙香
己醛	135. 2	0. 49	275. 3	7. 5	青草香、脂肪氧化香
甲基糠醛	99. 4	0. 40	248. 6	7. 8	焦糖甜香
壬醛	83. 6	0. 52	160. 8	7. 2	果香、脂肪香
2-甲基丁醛	54. 3	0. 42	129. 3	6. 9	坚果香、焦香
3-辛酮	48. 7	0. 45	108. 2	6. 4	奶油香、脂香
1-辛醇	42. 8	0. 55	77. 8	6. 1	草本香、果香
2-甲基呋喃	38. 1	0. 50	76. 2	6. 3	焦糖香、烤香
苯甲醇	34. 2	0. 58	59. 0	5. 8	甜香、花香
2-甲基吡嗪	27. 9	0. 60	46. 5	5. 5	坚果香、烘焙香

4 新疆牛肉干工艺优化措施建议

4. 1炒制工艺精准控制, 提升香气释放效率

炒制是新疆牛肉干风味形成的核心环节, 通过高温加热触发美拉德反应、脂肪氧化反应等一系列复杂的热反应, 产生大量关键风味物质如2-乙酰基吡嗪、己醛、甲基糠醛等。传统工艺多依靠人工判断火候, 存在加热不均、风味不稳定等问题。本研

究建议在炒制环节引入温控装置与定时系统,精准控制炒制温度在140℃12分钟以内,以促进风味物质的生成而不至于过度焦化。过程中可根据牛肉切块的大小、含水量适当调整翻炒频率,确保热量分布均匀。此外,炒制前建议适度预热锅体并避免一次性投料过多,减少局部过焦或夹生情况。通过对炒制参数的标准化管理,不仅提升了牛肉干的坚果香、烘烤香和脂香释放效率,也有助于在不同批次中保持产品风味的一致性。

4.2 自然晾干环境调控,提升质构与风味保留

自然晾干是新疆牛肉干区别于工业热风干制品的关键工艺,其在保持原汁原味、塑造独特风味方面具有不可替代的优势。然而,自然晾干过程易受环境温湿度影响,可能导致干燥不均、风味损失或霉变风险。因此,建议对晾干环境进行科学管理:控制晾干空间的相对湿度在50%~65%之间,并维持温度在15℃72小时,根据肉条厚度调整,期间应定时翻面,保证水分分布均衡。风味分析数据显示,适度缓慢的自然风干可有效保留己醛、壬醛等香气成分,并提升成品的口感紧实度和咀嚼弹性,是提升传统牛肉干风味质感的关键步骤。

4.3 原料处理优化,保障风味基础与安全性

原料牛肉的选择与初步处理直接关系到最终风味物质的生成效率与产品质量稳定性。本研究建议选用肉质紧实、脂肪分布均匀的牛后腿肉或肩胛肉作为首选原料,避免使用注水或反复冷冻解冻的肉品,以保障肌纤维结构和蛋白质活性。切割过程中建议保持肉条厚度在5~8mm之间,既便于炒制时热量渗透,又有利于后续晾干过程中的水分均匀挥发。同时,为减少肉制品氧化异味的产生,在处理环节应尽量缩短常温暴露时间,整个预处理过程建议控制在4℃以下环境中完成。在切片完成后可适度风干表面浮水,以降低炒制时局部过热产生苦味物质的风险。此外,可考虑在炒制前喷洒少量可食用抗氧化剂(如迷迭香提取物)进

行表面保护,有效抑制脂肪氧化,增强牛肉干储存期间的香气稳定性。这些措施有助于最大程度保留原料的自然风味基础,为后续炒制与晾干提供高质量的原始条件。

5 结论

本研究明确了新疆牛肉干的主要风味物质构成及关键贡献成分,揭示了其炒制与自然晾干工艺对风味形成的影响机制,并针对性地提出了炒制参数优化、晾干环境控制和原料标准化处理等三项工艺改进措施。结果表明,通过科学控制工艺流程,有助于提升风味物质浓度及感官一致性,为后续产业化加工提供了技术支撑。未来研究可进一步拓展对不同牛肉部位、不同炒制工艺组合条件下风味变化的研究,结合风味重构与消费者感官测试,建立更为系统的品质评估与控制体系,推动新疆牛肉干向高端化、品牌化方向持续发展。

[参考文献]

- [1]张倩.发酵牛肉干加工工艺与品质特性研究[D].内蒙古农业大学,2024.
- [2]张新斌.超声波辅助蛋白酶对牛肉干品质的影响[D].内蒙古农业大学,2024.
- [3]邓孟孟.盐焗牛肉干工艺优化及其品质探究[D].内蒙古农业大学,2023.
- [4]周亚军,张玉,陈艳,等.发酵牛肉干加工中理化特性与风味品质分析[J].食品科学,2021,42(14):240-247.
- [5]孙杰.牛肉干的风味分析及仿香研究[D].北京工商大学,2017.

作者简介:

赵群(1982—),女,湖南郴州人,硕士研究生,副教授,食品科学与工程。