

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.06.010

程赞, 毛红艳, 赵晓燕, 等. 烤箱制备新疆馕的品质与挥发性物质研究[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(6): 80-87.

CHENG Z, MAO H Y, ZHAO X Y, et al. Process optimization, quality and volatile analysis of xinjiang nana prepared in oven[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(6): 80-87.

烤箱制备新疆馕的品质与挥发性物质研究

程 赞¹, 毛红艳^{2,3}, 赵晓燕¹✉, 于 明², 刘红开¹, 张晓伟¹, 王 萌¹

(1. 济南大学 烹饪学院, 山东 济南 250022;

2. 新疆农业科学院 粮食作物研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091;

3. 新疆农科院粮作所科技开发服务公司, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要: 针对传统工艺制备新疆馕的不足之处, 采用烤箱方式制备馕, 并对自制馕和5种市售馕的氨基酸成分、风味物质和红外光谱进行分析。结果表明, 所有样品中共有17种氨基酸, 其中自制馕的总氨基酸含量均高于市售的馕, 且市售馕之间也存在差异 ($P < 0.05$); 自制馕和市售馕中共有18种风味物质, 与市售馕相比, 酮类、酯类和有机酸化合物在自制馕中未发现; 傅里叶变换红外光谱仪 (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FTIR) 分析显示自制馕中部分基本官能团特征峰的强度略低于市售馕, 且峰位置没有变化, 自制馕与市售馕之间的二级结构均以 β -折叠和 β -转角含量为主, 但二级结构的百分含量有所差异, 从而馕的品质也有所不同。

关键词: 新疆馕; 烤箱; 氨基酸; 气质联用色谱; FTIR; 风味物质

中图分类号: TS213.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)06-0080-08

Process Optimization, Quality and Volatile Analysis of Xinjiang Naan Prepared in Oven

CHENG Zan¹, MAO Hong-yan^{2,3}, ZHAO Xiao-yan¹✉, YU Ming²,
LIU Hong-kai¹, ZHANG Xiao-wei¹, WANG Meng¹

(1. Culinary School, University of Jinan, Jinan, Shandong 250022, China;

2. Research Institute of Grain Crops, Xinjian Academy of Agricultural Sciences,

Urumqi, Xinjiang 830091, China; 3. Science and Technology Development

Service Company of Grain Production Institute of

Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: There are some shortcomings for Xinjiang Naan prepared by traditional process. In this paper, Naan was prepared by oven. The amino acid composition, flavor substances and infrared spectra of self-

收稿日期: 2022-05-23

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技支疆项目 (2021E02009); 新疆维吾尔自治区区域协同创新专项 (2020E01036); 中央引导地方科技发展专项 (ZYD2022B14); 国家科技支撑计划 (2015BAD29B04)

Supported by: Xinjiang Uygur Autonomous Region Science and Technology Support Project (No. 2021E02009); Xinjiang Uygur Autonomous Region Regional Collaborative Innovation Project (No. 2020E01036); Special Project for the Central Government to Guide Local Scientific and Technological Development (No. ZYD2022B14); National Key Technology Support Program of China (No. 2015BAD29B04)

作者简介: 程赞, 男, 1997年出生, 在读硕士生, 研究方向为天然产物与功能食品开发。E-mail: ytchzan@163.com.

通讯作者: 赵晓燕, 女, 1975年出生, 博士, 教授, 研究方向为食品加工理论与应用研究。E-mail: zhaoxy_2201@163.com.

made electric oven Naan were investigated, and compared to the commercial Naan. The experimental results showed that there were 17 kinds of amino acids in all samples, and the total amino acid content of self-made Naan was higher than that of commercial naan ($P < 0.05$), while there were also differences among commercial naans. There were 18 kinds of flavor substances in all Naans. Compared with the commercial Naans, the ketones, esters and organic acids in self-made Naan were not found. Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) showed that the intensity of some characteristic peaks of basic functional groups in self-made Naan was slightly lower than that of commercial Naans, and the position of the peak did not change. The secondary structures of self-made Naan and commercial Naan were both β -sheet and β -turn content. However, the percentage of secondary structures between different Naans were different, so the quality of Naans was also different.

Key words: Xinjiang Naan; oven baking; amino acid; GC-MS; FTIR; flavor substances

馕是新疆维吾尔族日常生活中一种具有代表性的主食，是当地少数民族饮食文化中尤为关键的支点和支柱^[1]。与其他传统面饼制品相比，馕拥有独特的地域特色和营养价值^[2]。

馕制品的种类多样，多半取决于其用料、形状、味道、厚薄度等因素^[1]。制品的主要用料基本相同，包括小麦粉、水、盐、酵母和食用油，而其辅料比较广泛，如芝麻、白糖、牛奶、鸡蛋等。在馕制作的过程中，各类主料的选择都会对成品的口感和风味产生或多或少的影响，例如水可以影响面团的软硬度从而影响成品形态；酵母是面团发酵的关键配料，食盐的多少会对酵母性能的发挥产生影响，同时还会决定馕制品的味道；食用油可以改变成品色泽，使之更有食欲，同时还有增香和提升口感的作用^[3]。

目前制馕的手段有机器制馕和馕坑烤馕两种。前者兴起时间不长，产品较为标准的机械化自动制馕设备生产规模尚未形成；后者是传统的制馕工艺，即利用土坯或砖砌的馕坑，采用柴火或炭火烤制成熟^[1]，其缺点主要有：（1）温度与卫生难以控制，不易形成标准化生产且容易造成食品污染；（2）操作有难度及存在一定的安全隐患；（3）制馕速度慢、效率低，人工消耗大，不易大量生产。

而馕在制作的过程中，其营养成分及风味物质在高温的作用下，也将发生变化，主要包括：一是馕中的脂类物质在温度达到其沸点时，浓郁香味的挥发性物质就会产生；二是馕中糖类物质

及蛋白质与糖之间也会发生焦糖化和美拉德反应，使馕的表皮呈现光亮、金黄、韧脆，并出现特殊的风味；三是馕坯中的蛋白质发生了变性，使馕的内部组织变的柔软有弹性，改善口感。馕的最终呈味结果及口感取决于各成分的综合作用。其中，蛋白质经过降解变成低分子肽和氨基酸等小分子，如甜味肽、咸味肽、鲜味肽、色氨酸、甘氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸等。该类分子与味觉感受体发生接触，刺激大脑的味觉中枢产生滋味。不同的小分子肽和氨基酸造就了丰富的味觉，在馕的呈味中贡献最大。

目前，对馕的制作工艺研究报道较多，而对电烤箱烤制馕的品质及风味的研究尚鲜见报道^[2-3]。而电烤箱与传统炭火工艺有所差异，可能会对馕的营养成分及风味造成一定的影响。本文详细研究了电烤箱烤制馕的营养特性、风味物质的变化，并与市售馕的品质进行对比，以期为烤箱烤制馕的营养品质与风味性质的提高提供借鉴作用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

中裕原味小麦粉：滨州中裕食品有限公司；鲁花压榨葵花油：山东鲁花集团有限公司；安琪高活性干酵母：安琪酵母股份有限公司；天然深井盐：山东省盐业集团有限公司；市售馕：济南市民族大街市场新疆馕店。

1.2 仪器与设备

电子分析天平（FA/JA）：上海佑科仪器仪表

有限公司; 冷冻干燥机 (Scientz-12ND): 宁波新芝生物科技有限公司; 陶瓷纤维马弗炉 (SX3-4-10X): 天津津立仪器设备科技发展有限公司; 氨基酸分析仪 (L8500A): 日本日立科技有限公司; 气质联用仪 (SCIONSQ -456 -GC): 美国 Bruker 公司; 傅立叶红外光谱 (Pekin-Elmer Model GX): 英国珀金埃尔默公司。

1.3 实验方法

1.3.1 饅的制作

饅制作流程如图 1 所示。将小麦粉、水、酵母、盐、食用油按 100 : 50 : 1 : 1 : 10 的质量比混合并揉制 (用水量可随天气适当调整), 然后将面团湿润放置在 30 °C 的恒温培养箱中醒发 80 min, 揉面次数为 2 次, 并将面团加工成中间薄边缘较厚形状 (直径: 20.2~20.7 cm; 中间厚度为: 0.5~0.8 cm; 边缘厚度为: 1.2~1.5 cm) 的圆形饅坯, 饅戳加工出纹理后, 用 5% 淡盐水涂刷表皮, 均匀撒上芝麻, 置于烤箱中, 在 220 °C 下烤制 20 min。



图 1 饅的制作流程图

Fig.1 Flow chart of Naan production

1.3.2 氨基酸测定

按照 GB 5009.124 《食品中氨基酸的测定》的方法使用氨基酸自动分析仪进行检测自制饅和市售饅中氨基酸的含量^[4], 采用水解法处理样品, 按照公式 (1) 计算氨基酸的含量^[4]。

$$X = \frac{c \times \frac{1}{50} \times F \times V \times M}{m \times 10^9} \times 100 \quad (1)$$

式中: X : 氨基酸含量, g/100 g; c : 样品测定液中氨基酸含量, nmol/50 μ L; F : 样品稀释倍数; V : 水解后样品定容体积; M : 氨基酸的摩尔质量, g/mol; m : 称样量, g; 10^9 : 将样品含量由纳克 (ng) 折算成克 (g) 的系数; 100: 换算系数。

1.3.3 气质联用色谱 (GC-MS)

样品处理: 固相微萃取法, 将粉碎的 2.0 g 的样品置至 20 mL 的顶空瓶中, 在 60 °C 下吸附 30 min, 取出吸附后的萃取头, 转移至色谱的进

样口, 然后在 250 °C 下解吸 3 min^[8]。GC 的实验参数为: 采用 DB-WAX 石英毛细柱 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m) 色谱柱, 柱流量为 0.8 mL/min; 以高纯度氮气为载气; 升温方式是初温 40 °C (3 min), 第一次升温以 5 °C/min 升到 90 °C, 第二次升温以 10 °C/min 升到 250 °C (6 min); 进样口的温度为 250 °C。

MS 的实验参数为: EI 作为离子源, 其温度是 200 °C, 70 eV 的电压, 250 °C 的色谱-质谱接口温度^[5]。测定: 自动进样, 用 GC-MS 技术分析, 得到全成分总离子流图 (TIC), 将所得的质谱数据与质谱数据库检索得到的数据进行比较, 对比标准图谱鉴定每个色谱峰的化学成分, 最后对色谱峰用面积归一化法进行计算。

1.3.4 红外光谱 (FTIR)

采用固体方法即溴化钾压片法制备样品^[6], 按照样品与溴化钾 1 : 100 研磨均匀后置于压片机中, 然后在室温下进入红外光谱仪样品仓进行测试, 实验条件为: 扫描波数范围为 4 000~400 cm^{-1} ; 分辨率 4 cm^{-1} ; 扫描次数为 32 次。采用 Origin 软件作图, 分析饅的结构与其谱带的关系, 并对酰胺 I 带 (1 600~1 700 cm^{-1}) 饅中蛋白二级结构含量进行分析。

1.4 数据分析

实验的数据重复测定 3 次, 数据展示为平均值 \pm SD 标准偏差, 采用统计软件 SPSS20.0 (Inc, Chicago, IL, USA) 与 Duncan 检验 ($P < 0.05$) 对数据进行统计分析^[7]。

2 结果与分析

2.1 氨基酸分析

氨基酸不仅具有呈味特性, 能与多种受体发生作用, 而且是维系人体生命活动的重要物质, 具有各种生理功能。利用氨基酸自动分析仪分别对小麦粉、自制饅及 5 种市售饅中的 17 种水解氨基酸的组成及含量进行测定 (表 1)。如表 1 所示, 全部样品中均含有 17 种水解氨基酸, 且自制饅的总氨基酸含量比市售的饅明显更高。通过与小麦粉进行比较, 选择该小麦粉制作而成的饅, 在 17 种氨基酸中除精氨酸、胱氨酸和谷氨酸外的氨基酸的含量

均有所上升,同时氨基酸总量值相较于小麦粉更高,说明饅在热加工的过程中,氨基酸发生转化^[8]。

对表1中的数据进行分析,可知市售饅的总氨基酸含量差异较大,在8.6%~9.5%间。5号市售饅中总氨基酸含量最低,为8.6%,1号市售饅最高,为9.5%,二者的差值为0.9%。原因是因为多个生产厂制做饅时所选用的原材料有所区别。与此同时,所有样品中的谷氨酸的含量最高,

之后是亮氨酸,其次是脯氨酸和苯丙氨酸。谷氨酸^[9]是生物体内氮代谢的基本氨基酸之一,大量存在于谷类蛋白质中,有鲜味,使烘烤成熟的饅滋味香美;亮氨酸^[10]能够调节血糖,同时可作为调味增香剂使用;脯氨酸广泛存在于小麦细胞壁中,具甜味,起到使饅口感变香甜的作用;苯丙氨酸属芳香族氨基酸^[11],可与糖类发生氨基-羧化反应以改善饅的香味。

表1 小麦粉和饅中的氨基酸组成
 Table 1 Amino acid composition of flour and Naan

g/100 g

序号	氨基酸	中裕小麦粉	自制饅	市售饅				
				1号	2号	3号	4号	5号
1	天冬氨酸	0.39±0.12 ^b	0.42±0.13 ^c	0.48±0.04 ^{ab}	0.44±0.09 ^d	0.37±0.17 ^a	0.36±0.06 ^a	0.38±0.09 ^b
2	谷氨酸	3.20±0.47 ^c	2.97±0.16 ^a	3.39±0.10 ^{bc}	3.31±0.18 ^d	3.48±0.52 ^{cd}	3.12±0.07 ^b	3.40±0.15 ^{ab}
3	丝氨酸	0.49±0.01 ^c	0.52±0.04 ^d	0.53±0.10 ^d	0.48±0.08 ^b	0.51±0.05 ^d	0.48±0.03 ^b	0.44±0.01 ^a
4	甘氨酸	0.34±0.04 ^b	0.40±0.011 ^d	0.36±0.18 ^c	0.32±0.31 ^a	0.37±0.08 ^c	0.34±0.06 ^b	0.31±0.04 ^a
5	组氨酸	0.17±0.03 ^a	0.21±0.02 ^d	0.18±0.06 ^b	0.19±0.07 ^c	0.21±0.02 ^d	0.18±0.01 ^b	0.17±0.01 ^a
6	精氨酸	0.45±0.14 ^d	0.44±0.09 ^c	0.44±0.16 ^c	0.44±0.09 ^c	0.41±0.03 ^b	0.42±0.07 ^b	0.34±0.13 ^a
7	苏氨酸	0.23±0.01 ^b	0.33±0.02 ^{ab}	0.28±0.01 ^d	0.26±0.07 ^c	0.26±0.06 ^c	0.24±0.04 ^b	0.20±0.02 ^a
8	丙氨酸	0.32±0.11 ^c	0.39±0.01 ^{bc}	0.35±0.15 ^{ab}	0.31±0.05 ^b	0.34±0.09 ^d	0.32±0.12 ^c	0.28±0.01 ^a
9	脯氨酸	0.61±0.21 ^b	0.68±0.14 ^{ab}	0.59±0.17 ^a	0.63±0.08 ^c	0.65±0.15 ^d	0.58±0.05 ^a	0.61±0.15 ^b
10	酪氨酸	0.22±0.07 ^c	0.28±0.02 ^{ab}	0.19±0.01 ^b	0.19±0.07 ^b	0.22±0.01 ^c	0.25±0.02 ^d	0.13±0.01 ^a
11	缬氨酸	0.38±0.13 ^b	0.50±0.01 ^{ab}	0.44±0.05 ^d	0.40±0.14 ^c	0.44±0.03 ^d	0.40±0.01 ^c	0.35±0.06 ^a
12	甲硫氨酸	0.06±0.01 ^a	0.15±0.04 ^d	0.11±0.05 ^c	0.07±0.04 ^a	0.09±0.01 ^b	0.09±0.20 ^b	0.07±0.01 ^a
13	胱氨酸	0.12±0.03 ^c	0.05±0.01 ^a	0.12±0.06 ^c	0.11±0.03 ^b	0.13±0.04 ^d	0.23±0.10 ^{ab}	0.10±0.02 ^b
14	异亮氨酸	0.35±0.06 ^b	0.47±0.11 ^{ab}	0.40±0.18 ^d	0.37±0.15 ^c	0.41±0.13 ^d	0.37±0.06 ^c	0.33±0.08 ^a
15	亮氨酸	0.75±0.23 ^b	0.89±0.18 ^{ab}	0.81±0.27 ^d	0.75±0.12 ^b	0.80±0.25 ^d	0.76±0.08 ^c	0.71±0.16 ^a
16	苯丙氨酸	0.51±0.11 ^a	0.65±0.09 ^d	0.58±0.14 ^c	0.57±0.23 ^c	0.54±0.28 ^b	0.53±0.07 ^b	0.51±0.14 ^a
17	赖氨酸	0.25±0.05 ^c	0.39±0.06 ^d	0.27±0.08 ^d	0.28±0.01 ^{ab}	0.20±0.05 ^a	0.25±0.02 ^c	0.23±0.09 ^b
总氨基酸含量		8.80±0.46 ^b	9.70±0.29 ^{bc}	9.50±0.38 ^{ab}	9.10±0.26 ^c	9.40±0.18 ^d	8.90±0.21 ^b	8.60±0.23 ^a

注:表中数值为平均值±标准偏差,同一行上标的不同字母表示存在显著差异 $P<0.05$ 。

Note: The values in the table are the means ± standard deviation. Different letters in the same line indicate significant differences ($P<0.05$).

2.2 风味成分分析

表2给出了样品的风味化合物,在自制和市售饅制品中共检测出16种挥发性的风味成分,醛、酮、醇、酯、苯环、杂环、有机酸、烃类及其他成分的比例为5:1:3:1:1:1:1:5^[12-13]。其中有的风味物质在自制饅出现,有的在市售饅中出现,而4号市售饅检出的最多,为14种,均高于自制。在所有饅中,乙醇正己醛、邻二甲苯、环辛四烯和2,2-二甲基癸烷风味物质均检出。

对所有样品的风味物质进行了系统的分类统计,结果见表3。表中分为醛、酮等8类,这些

物质在形成饅的独特风味上均起到了关键性的作用。而自制饅与市售饅相比,未能检测出酮类、酯类和有机酸三种风味成分,其原因来自自制饅没有填入洋葱、蛋类等辅助原料。

在风味物质中,异戊醛有苹果香味;正己醛呈现青草麦芽香气;壬醛有似橘香气味;2-甲基丁醛具有麦芽香味;乙酸甲酯和戊醛都具有水果香气;3-羟基-2-丁酮散发出使人舒适的奶油香气;所形成的乙酸乙酯散发出细腻的水果发酵芬芳,味微甜;异戊醇属杂醇油中的一种,具备辛辣味。另外,二甲基砷和二甲基硫为洋葱的风味

成分, 这些硫化物使得洋葱具有特殊的风味和抗炎、促进机体新陈代谢以及预防疾病等功效。另外, 3号饅样品在烤制过程中或许受饅坑烤制

温度、均匀度等因素的影响, 导致饅有部分焦糊, 产生烟熏气味, 而检测出了存在致癌风险的羰基镍。

表2 饅的风味成分组成
Table 2 Flavor components of Naan

序号	保留时间/min	风味成分	含量					代表气味 ^[14-17]	
			自制饅	市售					
				1号	2号	3号	4号		5号
1	2.203	乙酸	-	3.7±0.06 ^a	5.52±0.27 ^d	-	5.28±0.22 ^c	1.03±0.02 ^b	酸, 辛辣, 香料
2	2.685	异戊醛	-	-	2.06±0.45 ^d	0.06±0.01 ^a	0.95±0.02 ^b	1.37±0.16 ^c	水果香味, 食用香精
3	2.796	2-甲基丁醛	-	-	1.68±0.09 ^d	0.06±0.02 ^a	0.72±0.15 ^b	0.93±0.10 ^c	麦芽, 发酵香味, 杏仁味
4	2.897	乙酸甲酯	-	-	1.55±0.06 ^d	0.04±0.01 ^a	0.91±0.31 ^c	0.35±0.04 ^b	芳香味, 香料
5	3.241	二甲基硅烷二醇	-	-	-	0.03±0.01 ^a	0.76±0.09 ^b	-	
6	3.254	2-氨基-5-甲基庚烷盐酸盐	-	-	1.76±0.37 ^a	-	-	-	
7	3.264	戊醛	-	-	-	-	-	1.01±0.12 ^a	特殊香味, 食用香料
8	3.596	3-羟基-2-丁酮	-	-	6.03±0.87 ^d	0.26±0.04 ^a	3.23±0.73 ^b	3.52±0.55 ^c	强烈令人愉快的奶油, 黄油香味, 食用香精
9	4.055	异戊醇	-	-	-	-	0.77±0.17 ^b	0.57±0.06 ^a	苹果白兰地香气, 辛辣味, 香醋味, 食用香精
10	6.117	正己醛	0.60±0.12 ^b	0.67±0.12 ^c	1.24±0.08 ^{bc}	0.04±0.01 ^a	0.86±0.09 ^d	1.09±0.07 ^{ab}	青草麦芽味
11	7.397	二甲基硫	5.66±0.76 ^{ab}	4.23±0.64 ^c	5.34±0.72 ^b	-	3.36±0.58 ^b	2.95±0.14 ^a	有机硫化物
12	8.209	邻二甲苯	0.68±0.31 ^{ab}	0.52±0.07 ^c	1.89±0.24 ^{bc}	0.04±0.01 ^a	0.43±0.21 ^b	0.89±0.09 ^b	
13	8.709	环辛四烯	0.61±0.05 ^b	0.60±0.04 ^b	2.02±0.18 ^{ab}	0.04±0.01 ^a	0.73±0.18 ^d	0.70±0.01 ^c	不具芳香性
14	9.270	二甲基砷	-	0.31±0.09 ^a	-	-	0.81±0.15 ^b	-	
15	10.579	2,2-二甲基癸烷	0.26±0.01 ^b	0.41±0.11 ^d	1.20±0.06 ^{bc}	0.02±0.01 ^a	0.37±0.07 ^c	0.52±0.39 ^{ab}	
16	12.148	壬醛	1.01±0.31 ^a	-	-	-	-	-	油脂和蜜蜡柑橘花香气味, 食用香精

注: 表中数值为平均值±标准偏差, 同一行上标的不同字母表示存在显著差异 $P < 0.05$ 。

Note: The values in the table are the means ± standard deviation. Different letters in the same line indicate significant differences ($P < 0.05$).

表3 饅中挥发性物质分类统计
Table 3 Classification and statistics of volatile substances in Naan

挥发性物质	自制饅	市售饅				
		1号	2号	3号	4号	5号
醛	1.61±0.14 ^c	0.67±0.08 ^b	4.98±0.15 ^{bc}	0.16±0.03 ^a	2.52±0.21 ^d	4.40±0.17 ^{ab}
酮	-	-	6.03±0.25 ^d	0.26±0.05 ^a	3.23±0.14 ^b	3.52±0.12 ^c
醇	-	-	-	-	0.77±0.09 ^b	0.57±0.11 ^a
酯	-	-	1.55±0.13 ^d	0.04±0.01 ^a	0.91±0.03 ^c	0.35±0.09 ^b
苯环类	0.68±0.12 ^d	0.52±0.17 ^c	1.89±0.03 ^{bc}	0.04±0.02 ^a	0.43±0.16 ^b	0.89±0.13 ^{ab}
杂环类	0.61±0.01 ^b	0.60±0.18 ^b	2.02±0.26 ^d	0.04±0.01 ^a	0.73±0.06 ^c	0.70±0.02 ^c
有机酸	-	3.70±0.19 ^b	5.52±0.24 ^c	-	5.28±0.23 ^d	1.03±0.15 ^a
烃类	5.92±0.07 ^d	4.95±0.15 ^c	8.30±0.08 ^{ab}	95.62±0.68 ^{bc}	4.54±0.21 ^b	3.47±0.17 ^a

注: 表中数值为平均值±标准偏差, 同一行上标的不同字母表示存在显著差异 $P < 0.05$ 。

Note: The values in the table are the means ± standard deviation. Different letters in the same line indicate significant differences ($P < 0.05$).

2.3 傅里叶变换红外光谱分析

在本实验中, FTIR 光谱图用于分析小麦粉及饅的纤维素、淀粉等碳水化合物、脂肪和蛋白质

等基本构成的区别。3 800~3 200 cm^{-1} (主要有羟基、胺基和羟基的伸缩振动)、1 200~1030 cm^{-1} (主要有单键 C—O 的伸缩振动)、930~900 cm^{-1}

和 $785\sim 755\text{ cm}^{-1}$ (主要有 C—H 及烯烃 C—H 的弯曲振动) 的特征峰都属于碳水化合物^[12]; $1\ 680\sim 1\ 630\text{ cm}^{-1}$ (主要是 C=C 及 C—N 的伸缩振动) 和 $1\ 570\sim 1\ 510\text{ cm}^{-1}$ (主要为 N—H 和 C—N 的伸缩振动) 特征峰则属于蛋白质^[13]; $2\ 926\text{ cm}^{-1}$ (主要为 C—H 的伸缩振动) 和 $1\ 746\text{ cm}^{-1}$ (主要为 C=O 伸展振动) 特征峰属于脂肪^[17]。

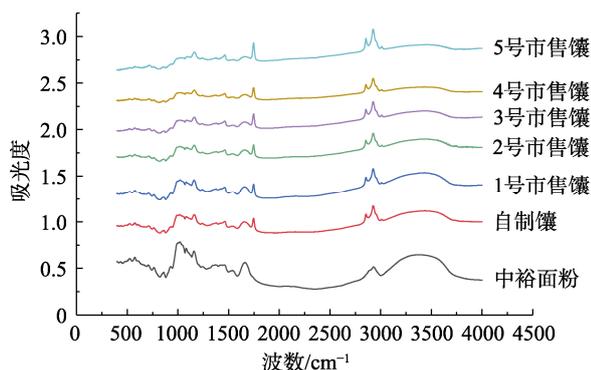


图2 小麦粉及馒头红外图谱
 Fig.2 Infrared spectrums of flour and Naan

对图2小麦粉和自制馒头的 FTIR 图谱对比统计发现。从归属于碳水化合物特征峰 $3\ 800\sim 3\ 200\text{ cm}^{-1}$ 和 $1\ 200\sim 1\ 030\text{ cm}^{-1}$ 可知, 小麦粉对应的峰高且宽, 而自制馒头对应的峰有下降趋势, 意味着小麦粉中的碳水化合物含量高^[18]。从归属于蛋白质的特征峰 $1\ 570\sim 1\ 510\text{ cm}^{-1}$ 的 N—H 和 C—N 的伸缩振动吸收峰可知, 小麦粉的特征峰也

强于自制馒头, 表明小麦粉中蛋白质含量也较多^[19], 而馒头在高温加工过程中, 因其表层发生的美拉德反应破坏了蛋白质的二级结构, 进而降低了总峰的面积^[18]; 脂肪对应的特征峰为 $2\ 926\text{ cm}^{-1}$, 小麦粉中没有出现该峰, 是因为馒头在进行加工的过程中添加了植物油导致的。在 $1\ 081\text{ cm}^{-1}$ 特征峰归属于 C—O—H 弯曲振动、C—N 伸缩振动或 N—H 伸缩振动, 同时 $1\ 024\text{ cm}^{-1}$ 特征峰归属于 C—O—C 不对称伸缩振动^[20]。

对图2自制馒头和市售馒头的 FTIR 图谱进行比较分析, 可知自制馒头与不同市售馒头的 FTIR 特征吸收峰位置无显著差异, 但在吸收峰的强度有所差异。通过峰强度的比较, 发现自制馒头所含有的碳水化合物、蛋白质、脂肪含量比市售的偏小。其原因大致是因为实验室自制馒头的制作工艺中仅仅使用了些许基本原料, 但市售馒头需考虑更多的经济因素。为了满足消费者的需求, 市售馒头往往会选择多种辅料 (如奶类、蛋、糖、洋葱等) 进行添加, 以此来改善馒头制品风味与口感, 由此将造成样品的红外吸收强度有所区别。

通过 FTIR 的二阶导数对馒头中蛋白二级结构进行定量分析。在图谱中确定蛋白的子峰峰位, 进行拟合曲线, 得到蛋白二级结构各个子峰的面积, 子峰面积在二级结构所占比例即为其含量。表4展示了不同馒头在酰胺 I 带中的二级结构百分含量。

表4 小麦粉及馒头的酰胺 I 带频率
 Table 4 The frequency of amide I band of flour and Naan

品种	二级结构			
	α -螺旋 ($1\ 650\text{ cm}^{-1}\sim 1\ 660\text{ cm}^{-1}$)	β -折叠 ($1\ 615\text{ cm}^{-1}\sim 1\ 637\text{ cm}^{-1}$)	β -转角 ($1\ 660\text{ cm}^{-1}\sim 1\ 700\text{ cm}^{-1}$)	无序结构 ($1\ 638\sim 1\ 648\text{ cm}^{-1}$)
中裕小麦粉	11.98±0.12 ^{cd}	41.70±0.46 ^a	34.07±0.13 ^{cd}	12.24±0.02 ^{ab}
自制馒头	1.47±0.01 ^b	49.18±0.33 ^b	45.74±0.45 ^{bc}	3.61±0.08 ^a
1号市售馒头	2.23±0.14 ^c	55.74±0.58 ^d	38.34±0.06 ^{ab}	3.69±0.06 ^a
2号市售馒头	0.72±0.13 ^a	60.78±1.13 ^{cd}	34.45±0.18 ^d	4.05±0.01 ^b
3号市售馒头	3.37±0.04 ^d	58.52±0.25 ^{ab}	30.25±0.11 ^b	7.85±0.12 ^c
4号市售馒头	4.05±0.02 ^{ab}	53.98±0.49 ^c	33.58±0.23 ^c	8.39±0.01 ^d
5号市售馒头	5.16±0.08 ^{bc}	59.44±0.27 ^{bc}	27.07±0.34 ^a	8.33±0.09 ^d

注: 表中数值为平均值±标准偏差, 同一列上标的不同字母表示存在显著差异 $P < 0.05$ 。

Note: The values in the table are the means ± standard deviation. Different letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

由表4可知, 小麦粉、自制馒头和市售馒头中蛋白的二级结构 α -螺旋、 β -折叠、无序结构和 β -转

角结构的百分含量有一定的差异。所有样品中蛋白质二级结构中 β -折叠和 β -转角含量为主, α -螺

旋与无规则卷曲结构含量较少。面团经过热处理后,发现蛋白质二级结构中 β -折叠和 β -转角含量显著上升,其中自制饅中 β -折叠增加的最少,而 β -转角增加的最多; α -螺旋与无规则卷曲含量显著下降($P<0.05$),意味着饅中蛋白质刚性的增加和柔性的减弱,其中自制饅与2号市售饅的 α -螺旋的降低无显著性差异,且降幅最大,自制饅与1号市售饅的无规则卷曲的降低无显著性差异,且降幅最大^[21]。由此可以推测,饅的加工方法可以影响其品质。此外,饅中蛋白二级结构含量出现差异性的原因可能也与市售饅添加了多种辅料相关,而蛋白质二级结构的变化也将引起饅的口感变化,品质也将有所差异^[22]。

3 结论

本文主要研究电烤箱烤制饅的品质与挥发性物质,同时与市售饅进行比较。从氨基酸含量来看,饅中均包含17种氨基酸,同时市售饅含量普遍低于电烤箱自制饅,其中对饅风味构成影响的亮氨酸、脯氨酸和苯丙氨酸的含量也是电烤箱自制饅中含量较高,证明电烤箱自制饅的风味口感更丰富,营养价值更高。通过气质联用仪对风味成分的分析,发现自制和市售饅样品中可以检测16种挥发性成分,其中酮类、酯类和有机酸风味物质在自制饅中未发现。自制和市售饅样品中特征吸收峰位相对一致,但峰的强度有差异。在不同的饅中,因其加工方式不同,蛋白的二级构含量变化也不同,其中自制饅中 β -折叠增加的最少,而 β -转角增加的最多; α -螺旋与无规则卷曲含量显著下降,表示饅中蛋白质刚性的增加和柔性的减弱,从而使饅的品质也有所差异。综合来看,传统制饅是在饅坑里烤制成熟的,在操作时存在诸多不便和安全隐患。而采用电烤箱制饅来改进饅的生产工艺,可以对温度进行控制,更大程度的保留氨基酸,避免有害物质和不良气味产生,尽可能的保留饅的风味品质,口感更加有韧劲。但在电烤箱饅的自制过程中仅采用了基本原料,未加入牛奶、鸡蛋、糖、洋葱等辅料,导致风味成分下降。可以充分考虑将市售饅原料配方与电烤箱烤制结合,在温度可控的情况下生产出品质好风味佳的新疆饅。

参考文献:

- [1] 李冬梅. 浅谈维吾尔族饮食民俗中的文化质点——饅[J]. 西北民族学院学报(哲学社会科学版. 汉文), 2000(3): 61-67.
LI D M. On the cultural essence of Uygur dietary folk custom – Naan[J]. Journal of Northwest University for Nationalities (Philosophy and Social Science), 2000(3): 61-67.
- [2] 曹雪琴, 姜林慧, 王文文, 等. 新疆特色食品饅的营养成分分析[J]. 营养学报, 2019, 41(1): 99-101.
CAO X Q, JIANG L H, WANG W W, et al. Analysis of nutritional composition of Xinjiang local food Nang[J]. Journal of Nutrition, 2019, 41(1): 99-101.
- [3] 许可, 王宏伟, 苏东民, 等. 发酵时间对面团加工特性及饅饼品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2021, 36(10): 8-15.
XU K, WANG H W, SU D M, et al. Effects of fermentation time on dough processing characteristics and quality attributes of Naan[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2021, 36(10): 8-15.
- [4] 中华人民共和国国家标准. 食品中氨基酸的测定: GB 5009.124[S]. 2016.
National Standards of the People's Republic of China. Determination of amino acid in food: GB 5009.124 [S]. 2016.
- [5] HALVERSTADT B A, CROMWELL H C. An investigation of variety effects during operant responding in the rat utilizing different reward flavors[J]. Appetite, 2019, 134:50-58.
- [6] RAJBUX C, PEREIRA J, DO CEU SELBOURNE M. Assessment of baby Bibs. GC-MS screening, migration into saliva and insight of toxicity with QSAR tools[J]. Food Control, 2020, 109: 106951.
- [7] 刘萧. 大豆提取物对发酵酸面团馒头品质的影响[D]. 北京林业大学, 2014.
LIU X. Effects of soybean extract on the quality of fermented sourdough steamed bread[D]. Beijing Forestry University, 2014.
- [8] HU W H, ZHAO Y Q, YANG Y, et al. Microwave-assisted extraction, physicochemical characterization and bioactivity of polysaccharides from *Camptotheca acuminata* fruits[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 133: 127-136.
- [9] 张凤梅. 谷氨酸—葡萄糖温和条件下美拉德反应规律探究[D]. 河南农业大学, 2017.
ZHANG F M. Investigation on maillard reaction law under glutamate-glucose mild conditions[D]. Henan Agricultural University, 2017.
- [10] 肖潇, 尹胜, 侯威, 等. 四种植物蛋白的成分与营养学特性分析[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(3): 61-66+73.
XIAO X, YIN S, HOU W, et al. Analysis of composition and nutritional properties of four plant proteins[J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 34(3): 61-66+73.
- [11] 龙杰, 徐学明, 沈军, 等. 发芽过程对小麦营养成分及抗氧化活性的影响[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(10): 33-39.
LONG J, XU X M, SHEN J, et al. Effects of germination process on nutritional components and antioxidant activity of

- wheat [J]. Food and Oil, 2017, 30(10): 33-39.
- [12] 刘同杰. 传统酸面团中微生物多样性及其风味物质代谢研究[D]. 浙江大学, 2018.
LIU T J. Biodiversity of Chinese traditional sourdough microbiota and its flavor metabolism[D]. Zhejiang University, 2018.
- [13] 刘晨, 孙庆申, 吴桐, 等. 3种不同发酵剂馒头风味物质比较分析[J]. 食品科学, 2015, 36(10): 150-153.
LIU C, SUN Q S, WU T, et al. Comparative analysis of flavor compounds in steamed breads made with three different starter cultures[J]. Food Science, 2015, 31(10): 150-153.
- [14] 袁琦, 温承坤, 郑亚伦, 等. 白酒贮存过程中风味物质含量变化规律的研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(5): 14-17.
YUAN Q, WEN C K, ZHENG Y L, et al. Research progress on the change law of flavor substance content during liquor storage [J]. China Brewing, 2021, 40(5): 14-17.
- [15] ZHENG X Q, LI Q S, XIANG L P, et al. Recent advances in volatiles of teas[J]. Molecules, 2016, 21(3): 338.
- [16] 周旭章, 彭昕, 张慧恩, 等. 利用傅里叶变换红外光谱法分析燕麦片的品质[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(11): 110-114.
ZHOU X Z, PENG X, ZHANG H E, et al. Analysis of oatmeal quality by fourier transform infrared spectroscopy[J]. 2011, 26(11): 110-114.
- [17] DU M X, XIE J H, GONG B, et al. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein[J]. Food Hydrocolloids, 2018, 76: 131-140.
- [18] SOW L C, TOH N Z Y, WONG C W, et al. Combination of sodium alginate with tilapia fish gelatin for improved texture properties and nanostructure modification[J]. Food Hydrocolloids, 2019, 94: 459-467.
- [19] 高嘉星. 荞麦粉—小麦粉混粉面团形成机制及荞麦面包焙烤特性的研究[D]. 西北农林科技大学, 2017.
GAO J X. Research on the formation mechanism of wheat flour and buckwheat flour mixed dough and buckwheat bread baking properties[D]. North West Agriculture and Forestry University, 2017.
- [20] 王世新. 面团冷冻过程中加工性质变化机理及对面包质量的影响研究[D]. 沈阳农业大学, 2017.
WANG S X. Study on the mechanism of the change of processing properties and its effect the on the bread quality during the process of frozen dough[D]. Shenyang Agricultural University, 2017.
- [21] 郭蔚波, 赵燕, 徐明生, 等. 不同处理方式下蛋白质结构变化与体外消化性关系研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(1): 327-333.
GUO W B, ZHAO Y, XU M S, et al. Recent progress in understanding the relationship between protein structure change and in vitro digestibility after different treatments[J]. Food & Science, 2019, 40(1): 327-333.
- [22] 王晓琳, 朱力杰, 陈妍婕, 等. 不同处理方式下蛋白质结构变化与体外消化性关系研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5): 86-90.
WANG X L, ZHU L J, CHEN Y J, et al. The effect on secondary structure and emulsibility of peanut protein under different dry heat treatment[J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 42(5): 86-90. ㊞

· 公益宣传 ·

欢迎订阅 2023 年《粮食与油脂》杂志

《粮食与油脂》是由上海良友(集团)有限公司主管、上海市粮食科学研究所有限公司主办的科技期刊,是北大中文核心期刊,主要刊载粮食、油脂及食品领域的前沿科研成果。

- ◇ 中国核心期刊数据库
- ◇ 中国期刊全文数据库(CJFD)
- ◇ 万方数据——数字化期刊群及中文科技期刊数据库
- ◇ 日本科学技术振兴机构数据库(JST)

主要栏目:

专题综述、谷物科学、油脂工程、贮藏与保鲜、食品工艺、功能与营养、食品安全与检测等。

订阅信息:

本刊为月刊,每月10日出版
 每期定价15.00元,全年180.00元;公开发行,邮发代码:4-675
 国内统一连续出版物号:CN 31-1235/TS
 国际标准连续出版物号:ISSN 1008-9578

联系方式:

地址:上海市普陀区府村路445号1号楼 邮编:200333
 电话:021-62058191 E-mail:SLYZHS@163.com



欢迎关注官方公众号