

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.03.015

全麦粉添加量对干挂面挥发性成分的影响研究

汪丽萍¹, 刘艳香¹, 谭斌¹, 沈汪洋², 田晓红¹, 刘明¹, 高琨¹

(1. 国家粮食和物资储备局科学研究院, 北京 100037;

2. 武汉轻工大学, 湖北 武汉 430023)

摘要: 采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用法研究 3 种不同全麦粉添加量 (50%、75%和 100%) 干挂面和 1 种精白挂面样品的挥发性成分, 共检测到 85 种挥发性成分, 其中包括 17 种醛, 34 种烃, 16 种醇, 7 种酮, 1 种呋喃, 7 种酯, 2 种胺和 1 种酸。四种挂面均含有烃类、醛类、醇类、酮类、酯类和胺类化合物。精白挂面和三种全麦挂面中分别检测到 44、53、52 和 50 种挥发性成分, 全麦挂面相比于精白挂面挥发性成分显著增加。在挥发性成分中醛类物质是最主要物质, 相对含量达 25% 以上。己醛含量显著高于其他醛类物质。全麦粉添加量的增加对各种类挥发性成分构成影响不大, 而对各挥发性成分的相对含量有较大影响。

关键词: 全麦粉; 添加量; 干挂面; 挥发性成分

中图分类号: TS213.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2020)03-0098-07

Effect of additive amount of whole wheat flour on volatile components of dry noodles

WANG Li-ping¹, LIU Yan-xiang¹, TAN Bin¹, SHEN Wang-yang²,
TIAN Xiao-hong¹, LIU Ming¹, GAO Kun¹

(1. Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China;

2. Wuhan Polytechnic University, Wuhan, Hubei 430023, China)

Abstract: Volatile compounds from one kind of refined white noodle and three kinds of dry noodles added with different contents of whole wheat flour (50%, 75% and 100%) were extracted by headspace solid phase micro extraction (HS-SPME) and identified by Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS). A total of 85 volatile compounds were identified in the four dry noodles, including 17 aldehyde, 34 hydrocarbon, 16 alcohol, 7 ketone, 1 furan, 7 ester, 2 amine, 1 acid. The four kinds of noodles contain hydrocarbons, aldehydes, alcohols, ketones, esters and amines. 44, 53, 53 and 50 volatile components were detected in refined white noodles and three kinds of whole wheat noodles, respectively. Compared with refined white noodles, the volatile components in whole wheat noodles were significantly increased. Among the volatile components, aldehydes are the most important substances with relative contents of more than 25%. The content of hexanal in aldehydes was significantly higher than that of other aldehydes. The increase of the amount of added whole wheat flour has little effect on the composition of various volatile components, but has great effect on the relative contents of each volatile component.

Key words: whole wheat flour; adding amount; dry noodles; volatile components

收稿日期: 2019-12-19

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目 (2018YFD0401002), 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (ZX1904)

作者简介: 汪丽萍, 1978 年出生, 女, 博士, 研究员, 研究方向为粮食加工与安全。

通讯作者: 谭斌, 1972 年出生, 男, 博士, 研究员, 研究方向为粮食加工。

近年来,随着人们对全谷物营养健康功能认识的逐步深入和健康谷物食品消费需求的不断提升,全谷物食品产业得到了迅猛发展。全世界近三分之二的小麦都用于食品加工,全麦食品是全谷物领域的研究热点对象之一。挂面是中国的传统主食,也是产值较大的面制品之一。全麦挂面是我国全麦食品发展的一个重要方向,市场上全麦挂面产品也日渐丰富,据笔者不完全统计,生产全麦挂面的企业品牌已达 40 个以上。目前,有关全麦挂面的研究主要集中于麸皮性质对其品质特性的影响^[1-5]、加工工艺^[6]及加工过程中营养品质的变化^[7]等,对于全麦挂面挥发性成分的研究还鲜有报道。本文采用顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术研究不同全麦粉添加量干挂面的挥发性成分,为全麦挂面生产加工工艺及产品标准质量评定指标确立等方面提供数据支持和参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

粗麸、细麸、胚芽、小麦芯粉等原料:山东峰宇面粉有限公司。

SLG 30-IV 双螺杆挤压实验机:济南赛百诺科技开发有限公司;WF-AOB 万能粉碎机:南京鑫长江制药设备有限公司;LHC-3 型气旋式气流微粉碎机:潍坊正远粉体工程设备有限公司;JHMZ 200 试验和面机、JMTD-168/140 试验面条机、JXFD 7 醒发箱:北京东方孚德技术发展中心;CTC 自动 SPME 进样器:瑞士 CTC 公司;50/30 μm DVB/CAR/PDMS 纤维素萃取头:美国 Supelco 公司;7890 GC-5975c 四极杆 MSD 联用仪:美国安捷伦科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 全麦干挂面的制备

将粗麸、细麸、胚芽按各自出粉比例混合,制备麸胚混合料。麸胚混合料经挤压稳定化处理粉碎至 80 目左右,再进行微粉碎处理,微粉碎麸胚粉与小麦芯粉按出粉比例复配制备 50%、75%和 100%全麦粉。采用田晓红^[8]等挂面制备方法,制备全麦挂面。

1.2.2 全麦干挂面挥发性成分的测定

1.2.2.1 全麦干挂面挥发性成分的萃取与解析 称取 2 g 长度 0.5 cm 的挂面样品,置于 20 mL 气相顶空样品瓶中,盖好瓶盖,放置孵化器中,设置搅拌速度 500 rpm,孵化温度 75 $^{\circ}\text{C}$,平衡 10 min,将老化的纤维萃取头顶空萃取 60 min,于进样口解吸附 5 min。

1.2.2.2 气相色谱和质谱分析条件 色谱条件:采用安捷伦 DB-5MS 型毛细管柱(30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm);载气为高纯氦气,载气流速为 1.0 mL/min,不分流进样;进样口温度:240 $^{\circ}\text{C}$;升温程序:初始温度为 30 $^{\circ}\text{C}$,保持 5 min,以 3 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 150 $^{\circ}\text{C}$,然后以 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 240 $^{\circ}\text{C}$,保持 3 min。

质谱条件:离子源温度为 230 $^{\circ}\text{C}$;传输线温度为 280 $^{\circ}\text{C}$;质谱四级杆 150 $^{\circ}\text{C}$;离子化模式:EI;电子能 70 eV;扫描范围为全扫描。

1.3 数据处理

挥发性成分的定性分析,通过检索 NIST 08 图谱库,人工解析图谱,匹配度大于 80%的作为检测结果;挥发性成分的定量分析,采用峰面积归一化法计算各成分的相对含量。

2 结果与分析

2.1 不同全麦粉添加量干挂面挥发性成分组成与含量分析

不同全麦粉添加量干挂面挥发性成分组成数量及相对含量如图 1、图 2 所示,共检测到 85 种挥发性成分,包括 17 种醛,34 种烃,16 种醇,7 种酮,1 种呋喃,7 种酯,2 种胺和 1 种酸,有 20 种物质在 4 种干挂面中均有出现。4 种干挂面中挥发性成分种类数分别为 44、53、52、50 种。从挥发性成分组成数量比较,三种全麦干挂面各类挥发性成分数量都多于精白挂面。四种干挂面样品中烃类物质数量最多,醛类、醇类、酮类、酯类物质依次减少。从挥发性成分的相对含量比较,四种干挂面样品中,醛类、烃类、醇类、酮类、呋喃类和酯类是主要的挥发性成分。醛类物质含量最高,达 25%以上,烃类含量次之,其他挥发性成分的含量较低。主要挥发性成分中,醛类物质含量随全麦粉添加量的增加而增加,但 50%和

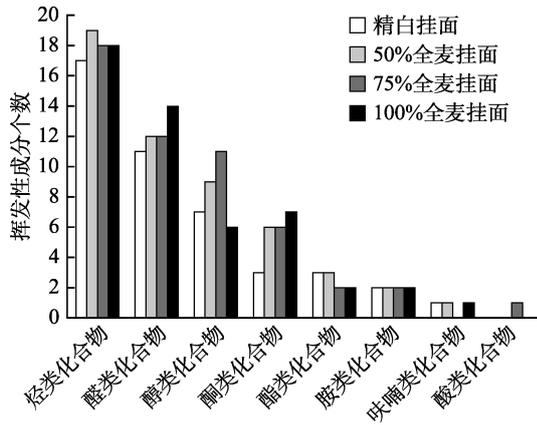


图 1 不同全麦粉添加量干挂面中挥发性成分数量比较

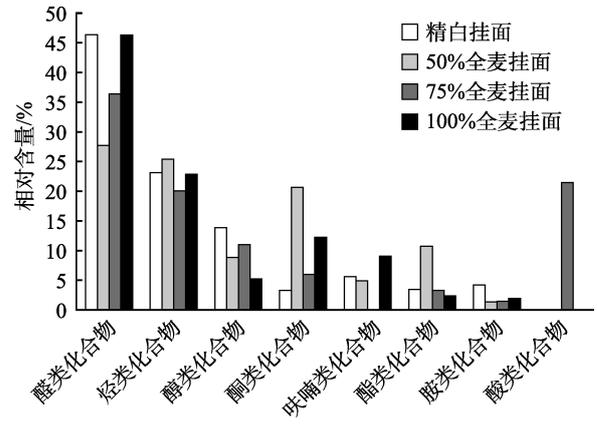


图 2 不同全麦粉添加量干挂面中各类挥发性成分相对含量比较

75%全麦挂面的醛类物质含量低于精白挂面，100%全麦挂面与精白挂面含量相当。其他挥发性成分随全麦粉添加量的增加，含量变化无规律性。

2.2 不同全麦粉添加量干挂面挥发性成分的分类比较

2.2.1 醛类物质比较

从表 1 可以看出，四种干挂面共检测到 17 种醛类挥发性成分，其中精白挂面 11 种，50%全麦挂面 12 种，75%全麦挂面 12 种，100%全麦挂面 14 种，均含有戊醛、己醛、庚醛、2-庚醛、2-辛烯醛、壬醛、2-壬烯醛、癸醛 8 种醛类。从峰面积结果看，除 50%全麦挂面醛类物质总含量低于精白挂面，其余均高于精白挂面，全麦挂面中醛类物质的总含量随全麦粉添加量的增加逐渐增加；从相对含量结果看，全麦挂面中醛类物质总含量低于精白挂面（46.37%），但随全麦粉添加量的增加而增加（27.70%~46.31%）。从图 3 可以看出，挂面中共有醛类物质己醛含量显著高于其他醛类，是特征性物质，壬醛、2-庚醛、2-辛烯醛、2-壬烯醛、癸醛含量其次，这些主要醛类物质均随全麦粉添加量的增加而增加。醛类物质一般为不饱和脂肪酸中碳碳双键氧化后产生氢过氧化物的降解产物，阈值比较低，具有奶油、脂肪、草香以及清香等气味^[9]。

2.2.2 烃类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面共检测到 34 种烃类挥发性成分，其中白挂面 17 种，50%全麦挂面 19 种，75%全麦挂面 18 种，100%全麦挂面 18 种，均含有十二烷、十三烷、环十二烷、十五烷和 D-

柠檬烯 5 种烃类物质。从峰面积结果看，全麦挂面相比于精白挂面，其烃类物质的总含量显著增加。从相对含量结果看，除 50%全麦挂面（25.4%）烃类含量高于精白挂面（23.2%），75%和 100%全麦挂面烃类物质含量低于精白挂面，分别为 20%和 22.86%。从图 4 可以看出，全麦挂面中 5 种共有烃类物质普遍高于精白挂面，D-柠檬烯在 50%和 75%全麦挂面中显著升高，十二烷、十三烷随全麦粉添加量的增加而增加。一般烃类物质的阈值较高，可能对气味影响不大，但是较高含量烃类物质对气味整体协调性具有重要贡献^[10]。

2.2.3 醇类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面共检测到 16 种醇类挥发性成分，其中精白挂面 7 种，50%全麦挂面 9 种，75%全麦挂面 11 种，100%全麦挂面 6 种，均含有戊醇和 1-辛烯-3-醇 2 种醇类物质。从峰面积结果看，除 75%全麦挂面的醇类物质总量高于精白挂面外，其余均低于精白挂面，从相对含量结果看，全麦挂面醇类物质总含量低于精白挂面（13.85%），范围在 5.25%~10.97%。从图 5 可以看出，75%全麦挂面中戊醇含量高于其他挂面，1-辛烯-3-醇含量除 50%全麦挂面低于精白挂面外，其余均高于精白挂面。饱和醇类化合物的阈值比较高，它们对挂面风味影响可能不大。而不饱和醇类化合物具有较低阈值，如 1-辛烯-3-醇具有类似于蘑菇和泥土的气味，可能对不同添加量全麦挂面风味差别有贡献^[11]。

2.2.4 酮类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面共检测到 7 种酮

表 1 不同全麦粉添加量干挂面中各类挥发性成分分析结果

化合物中英文名称		精白挂面		50%全麦挂面		75%全麦挂面		100%全麦挂面	
		A	B	A	B	A	B	A	B
3-甲基正丁醛	butanal,3-methyl	—	—	—	—	36	0.23	40	0.29
戊醛	pentanal	59	0.59	94	0.61	142	0.90	142	1.08
己醛	hexanal	2 304	23.03	1 922	12.49	2 597	16.48	2 746	19.82
呋喃甲醛	furfural	—	—	—	—	—	—	91	0.66
庚醛	heptanal	36	0.36	136	0.88	174	1.10	153	1.10
2-庚醛	2-heptenal,(2)	130	1.29	431	2.80	695	4.41	752	5.43
苯甲醛	benzadehyde	229	2.29	—	—	—	—	—	—
辛醛	octanal	79	0.79	91	0.59	90	0.57	—	—
2,4-庚二烯醛	2,4-heptadienal,(E,E)-	—	—	—	—	77	0.49	102	0.74
苯乙醛	benzeneacetaldehyde	—	—	91	0.59	132	0.84	151	1.09
2-辛烯醛	2-octenal,(E)	158	1.58	303	1.97	523	3.32	544	3.93
壬醛	nonanal	961	9.61	599	3.89	635	4.03	716	5.17
2-壬烯醛	2-nonenal,(E)	154	1.54	300	1.95	448	2.84	469	3.39
癸醛	decanal	287	2.87	192	1.25	185	1.17	177	1.28
2,4-壬二烯醛	2,4-nonadienal,(E,E)-	242	2.42	66	0.43	—	—	118	0.85
香叶醛	2,6-octadienal,3,7-dimethyl-	—	—	38	0.25	—	—	—	—
2,4-癸二烯醛	2,4-decadienal,(E,E)-	—	—	—	—	—	—	205	1.48
醛类总和		4 639	46.37	4 263	27.70	5 734	36.38	6 406	46.31
氯代戊烷	pentane,1-chloro-	—	—	72	0.47	123	0.78	59	0.43
2,2,4,6,6-五甲基庚烷	heptane,2,2,4,6,6-pentamethyl-	289	2.89	—	—	—	—	—	—
1-硝基己烷	hexane,1-nitro-	72	0.72	—	—	—	—	—	—
十一烷	undecane	—	—	—	—	—	—	86	0.62
3-甲基十一烷	undecane,3-methyl-	—	—	—	—	157	1	174	1.26
十二烷	dodecane	145	1.45	178	1.15	299	1.9	483	3.49
十三烷	tridecane	188	1.88	134	0.87	197	1.25	294	2.12
3,7-二甲基癸烷	decane,3,7-dimethyl-	53	0.53	—	—	—	—	—	—
环己烯	cyclohexene,4-ethenyl-4-methyl-3	—	—	215	1.39	—	—	—	—
5-甲基十三烷	tridecane,5-methyl-	—	—	39	0.25	59	0.37	73	0.53
二十七烷	heptacosane	114	1.14	—	—	307	1.95	—	—
碘代十三烷	tridecane,1-iodo-	—	—	63	0.41	91	0.58	—	—
正十四碳烷	tetradecane	—	—	559	3.57	—	—	540	3.9
环十二烷	cyclododecane	203	2.03	187	1.22	195	1.24	157	1.13
十五烷	pentadecane	132	1.32	125	0.81	142	0.9	133	0.96
10-甲基十九烷	10-methylnonadecane	79	0.79	—	—	109	0.69	—	—
二十八烷	octacosane	113	1.13	—	—	157	0.99	154	1.11
2,6,10-三甲基十二烷	dodecane,2,6,10- trimethyl-	68	0.68	—	—	—	—	—	—
十六烷	hexadecane	362	3.61	410	2.66	—	—	360	2.6
3,5-十二烷	3,5-dimethyldodecane	—	—	—	—	208	1.32	—	—
十一基环戊烷	cyclopentane,undecyl-	45	0.45	—	—	—	—	134	0.97
十七烷	heptadecane	113	1.13	240	1.56	149	0.95	—	—
十八烷	octadecane	60	0.6	—	—	76	0.48	71	0.51
十四烷	tetradecane	—	—	—	—	—	—	95	0.69
环十三烷	cyclotridecane	—	—	32	0.21	—	—	—	—
D-柠檬烯	D-Limonene	198	1.98	429	2.79	625	3.96	46	0.33
十二碳烯	1-dodecene	—	—	—	—	85	0.54	82	0.59
α -金合欢烯	alpha-farnesene	—	—	49	0.32	—	—	—	—
α -愈创烯	alpha-panasinsen	—	—	762	4.95	—	—	—	—

续表 1

化合物中英文名称		精白挂面		50%全麦挂面		75%全麦挂面		100%全麦挂面	
		A	B	A	B	A	B	A	B
十四碳烯	1-tetradecene	—	—	47	0.31	65	0.41	61	0.44
草澄茄油烯	alpha-cubebene	—	—	104	0.67	—	—	—	—
石竹烯	caryophyllene	—	—	201	1.3	—	—	—	—
7-十四烯	7-tetradecene	82	0.82	—	—	115	0.73	164	1.18
十八烯	1-octadecene	—	—	75	0.49	—	—	—	—
烃类总和		2 316	23.2	3 921	25.4	3 159	20	3 166	22.86
戊醇	1-pentanol	85	0.85	85	0.55	119	0.75	72	0.52
2-呋喃甲醇	2-furanmethanol	—	—	—	—	112	0.71	—	—
1-己醇	1-hexanol	186	1.85	106	0.69	—	—	—	—
1,2-戊二醇	1,2-pentanediol	144	1.43	—	—	—	—	—	—
1-辛烯-3-醇	1-octen-3-ol	185	1.85	156	1.02	261	1.65	257	1.86
2-乙基己醇	1-hexanol, 2-ethyl-	128	1.28	55	0.36	—	—	55	0.4
正辛醇	1-octanol	174	1.74	52	0.34	54	0.34	—	—
4-甲基庚醇	1-heptanol,4-methyl	—	—	69	0.45	106	0.67	95	0.68
6-甲基-1-辛醇	(s)-(+)-6-methyl-1-octanol	—	—	51	0.33	76	0.48	—	—
2-己基正癸醇	1-decanol,2-hexyl-	—	—	—	—	36	0.23	—	—
雪松醇	cedrol	—	—	—	—	564	3.58	—	—
十二碳三烯醇	2,6,10-dodecatrien-1-ol, 3,7,11,trimethyl-	—	—	—	—	171	1.08	—	—
3,7,11-三甲基-十二碳三烯醇	2,6,10-dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-	—	—	477	3.1	—	—	116	0.84
十九烷醇	n-Nonadecanol	—	—	—	—	161	1.02	132	0.95
十七烷醇	n-heptadecanol-1	485	4.85	312	2.03	—	—	—	—
1-萘丙醇	1-naphthalenepropanol,	—	—	—	—	73	0.46	—	—
醇类总和		1 387	13.85	1 363	8.87	1 733	10.97	727	5.25
2-庚酮	2-heptanone	76	0.76	82	0.53	73	0.46	80	0.58
3-辛烯-2-酮	3-octen-2-one	151	1.51	82	0.53	143	0.91	162	1.17
3,5-辛二烯-2-酮	3,5-octadien-2-one	—	—	116	0.76	235	1.49	298	2.15
5-戊基-2-呋喃酮	2(3H)-furanone,dihydro-5-pentyl-	—	—	—	—	86	0.54	100	0.73
2,5-环己二烯-1,4-二酮	2,5-cyclohexadiene-1,4-dione,2,6-bis(1,1-dimethyl)	101	1.01	201	1.31	313	1.99	307	2.21
2-萘酮	2(3H)-naphthalenone	—	—	2 620	17.03	—	—	655	4.72
6,10,14-三甲基-2-十五烷酮	2-pentadecanone,6,10,14-trimethyl-	—	—	77	0.5	98	0.62	91	0.66
酮类总和		328	3.28	3 178	20.66	948	6.01	1 693	12.22
乙酸丁酯	acetic acid, butyl ester	201	2.01	—	—	—	—	—	—
戊二酸二甲酯	pentanedioic acid, dimethyl ester	66	0.66	—	—	—	—	—	—
丁酸丁酯	butanoic acid,butyl ester	79	0.79	58	0.38	—	—	—	—
辛酸丁酯	butyl caprylate	—	—	289	1.88	—	—	—	—
辛酸己酯	octanoic acid,hexyl ester	—	—	1 240	8.06	296	1.88	122	0.88
癸基,2-乙基己基草酸酯	oxalic acid, decyl 2-ethylhexyl ester	—	—	—	—	219	1.39	210	1.51
邻苯二甲酸,十六烷基丙基酯	phthalic acid,hexadecyl propyl ester	—	—	64	0.41	—	—	—	—
酯类总和		346	3.46	1 651	10.73	515	3.27	332	2.39
三丁胺	tributylamine	286	2.85	144	0.94	126	0.80	166	1.2
N,N-二丁基甲酰胺	formamide,N,N-dibutyl-	138	1.38	65	0.42	104	0.66	106	0.77
胺类总和		424	4.23	209	1.36	230	1.46	272	1.97
2-戊烷基呋喃	furan,2-pentyl-	566	5.65	761	4.95	—	—	1 253	9.05
丙酸	propanoic acid	—	—	—	—	3 385	21.48	—	—

注：A 为峰面积/10⁵，B 为相对含量/%，—为没检测到。

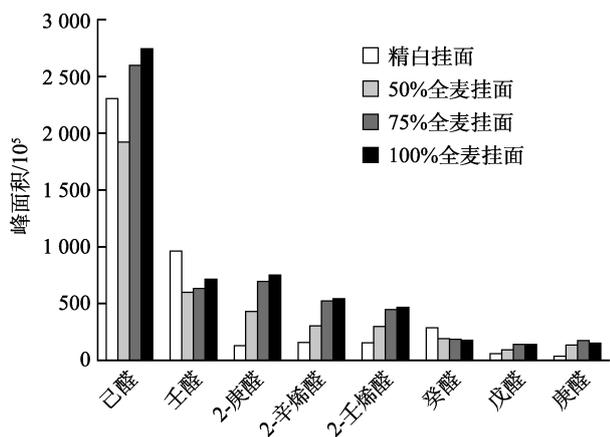


图 3 不同全麦粉添加量干挂面中共有醛类挥发性成分峰面积比较

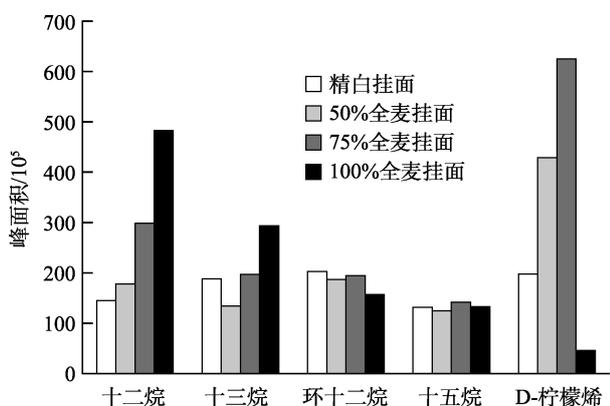


图 4 不同全麦粉添加量干挂面中共有烃类挥发性成分峰面积比较

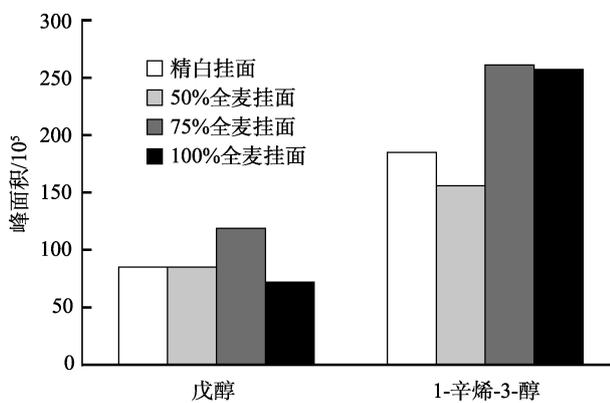


图 5 不同全麦粉添加量干挂面中共有醇类挥发性成分峰面积比较

类挥发性成分，其中精白挂面 3 种，50%全麦挂面 6 种，75%全麦挂面 6 种，100%全麦挂面 7 种，均含有 2-庚酮、3-辛烯-2-酮和 2,5-环己二烯-1,4-二酮 3 种酮类物质。从峰面积和相对含量结果看，全麦挂面中酮类物质总含量显著高于精白挂面，50%全麦挂面中含量最高，达 20%以上，100%全麦挂面次之，白挂面中酮类物质含量最低，仅为

3%左右。从图 6 可以看出，在全麦挂面中，2-庚酮和 2,5-环己二烯-1,4-二酮的含量均高于精白挂面，3-辛烯-2-酮含量在 50%和 75%全麦挂面中低于精白挂面，100%全麦挂面中含量高于精白挂面，3-辛烯-2-酮和 2,5-环己二烯-1,4-二酮含量均随全麦粉含量的增加而增加。酮类物质一般具有奶油香和果蔬香，它们的阈值高于其同分异构体的醛，对风味贡献相对较小^[12]。

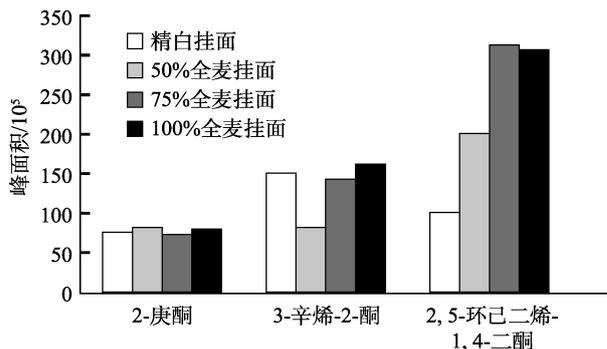


图 6 不同全麦粉添加量干挂面中共有酮类挥发性成分峰面积比较

2.2.5 酯类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面共检测到 7 种酯类挥发性成分，其中精白挂面 3 种，50%全麦挂面 4 种，75%全麦挂面 2 种，100%全麦挂面 2 种。从峰面积结果看，50%全麦挂面中酯类物质总含量最高，75%全麦挂面中含量次之，100%全麦挂面和精白挂面相当。从相对含量结果看，50%全麦挂面中酯类物质总含量最高，达 10.73%，精白挂面次之，依次是 75%全麦挂面和 100%全麦挂面，最低为 2.39%。

2.2.6 胺类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面均检测到共有的 2 种胺类挥发性成分。从峰面积和相对含量结果看，全麦挂面中胺类物质总含量均低于精白挂面，随全麦粉添加量的增加而增加。全麦挂面中胺类物质相对含量范围为 1.36%~1.97%。

2.2.7 呋喃类物质比较

从表 1 可以看出，四种挂面中除 75%全麦挂面，共检测到 1 种呋喃类挥发性成分——2-戊烷基呋喃。从峰面积结果看，全麦挂面中呋喃类物质总含量均高于精白挂面。从相对结果看，100%

全麦挂面中含量最高, 达 9.05%, 50%全麦挂面 4.95%, 低于精白挂面 5.65%。呋喃类物质主要由氨基催化糖类物质发生焦糖化反应得到, 呈现出花香气味, 散发出一种令人愉悦的香甜气味, 对全麦挂面风味有重要影响^[13]。

2.2.8 酸类物质比较

从表 1 可以看出, 四种挂面仅 75%全麦挂面中检测到丙酸物质, 其相对含量达 21.48%。

3 结论

3 种不同全麦粉添加量 (50%、75%和 100%) 干挂面和 1 种精白挂面样品中共检测到 85 种挥发性成分, 其中包括 17 种醛, 34 种烃, 16 种醇, 7 种酮, 1 种呋喃, 7 种酯, 2 种胺和 1 种酸。四种挂面均含有烃类、醛类、醇类、酮类、酯类和胺类化合物。精白挂面和三种全麦干挂面中分别检测到 44、53、52 和 50 种挥发性成分, 全麦挂面相比于精白挂面挥发性成分显著增加。在挥发性成分中醛类物质是最主要物质, 相对含量达 25% 以上。醛类物质中, 己醛含量显著高于其他醛类物质。全麦粉添加量的增加对各种挥发性成分构成影响不大, 而对各挥发性成分的相对含量有较大影响。

参考文献:

- [1] 田晓红, 刘艳香, 汪丽萍, 等. 麸皮粗细度对全麦粉挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(5): 7-10.
- [2] 王昱靖. 麸皮粗细度对全麦粉挂面品质的影响研究[J]. 现代食品, 2016, 7: 107-108.
- [3] 刘姣, 汪丽萍, 吴卫国, 等. 麦麸木聚糖酶处理条件对全麦挂面品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2016, 24(3): 79-85.
- [4] 刘艳香, 汪丽萍, 谭斌, 等. 麸胚挤压稳定化处理对全麦挂面品质特性的影响[J]. 食品科学, 2019, 40(19): 156-163.
- [5] 刘姣. 酶法处理小麦麸皮对全麦面条品质的影响研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2016.
- [6] 汪丽萍, 刘姣, 刘艳香, 等. 加工工艺对麸皮酶处理全麦挂面品质影响的研究[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 8-10.
- [7] 王雅宁. 全麦挂面加工过程中酚类物质及抗氧化活性研究[D]. 张家口: 河北北方学院, 2019.
- [8] 田晓红, 汪丽萍, 谭斌, 等. 小米粉含量对小米小麦混合粉及其挂面品质特性的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2014, 29(8): 17-22.
- [9] BUTTERY R G, TURNBAUGH J G, LING L C. Contribution of volatiles to rice aroma[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1988, 36(5): 1006-1009.
- [10] YANG D S, SHEWFELT R L, LEE K S, et al. Comparison of odor-active compounds from six distinctly different rice flavor types[J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(8): 2780-2787.
- [11] JEZUSSEK M, JULIANO B O, SCHIEBERLE P. Comparison of key aroma compounds in cooked brown rice varieties based on aroma extract dilution analyses[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50 (5): 1101-1105.
- [12] 田怀香, 王璋, 许时婴. 金华火腿挥发性风味物质[J]. 无锡轻工大学学报, 2005, 24(1): 69-73
- [13] MATTINSON D S, FELLMAN J K, BAIK B K. Analysis of volatile compounds from various types of barley cultivars[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2005, 53(19): 7526-7531. 完