

直火和蒸汽加热方式制备豆乳对豆腐风味的影响

李景妍,任建华,郭顺堂

(中国农业大学 食品科学与营养工程学院,北京 100083)

摘要:通过感官评价和化学分析的方法研究了直火与蒸汽2种加热方式制备豆乳对内酯豆腐风味的影响。感官评价结果表明:直火法豆腐的豆腥味和青草味与蒸汽法相当,而豆香味、甜香味和酸味高于蒸汽豆腐,说明直火豆腐的风味要浓于蒸汽豆腐。采用固相萃取法提取豆腐中风味化合物,通过气相色谱-质谱联用法对风味成分进行了检测,结果表明:乙酸乙酯、甲基环戊烷、苯、正戊醛、1-戊醇、己醛、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、N,N-二甲基乙酰胺、1-辛烯-3-醇、戊酸、丁酸丁酯是直火、蒸汽加热制备的豆腐均存在的风味化合物,此外,甲苯、3-羟基丁醛、己酸、苯甲酸甲酯和苯并呋喃为直火豆腐特有化合物,而氮杂丁烷、丙二酸二乙酯、二甲胺和芍药醇为蒸汽豆腐特有化合物。

关键词:内酯豆腐;固相萃取法;风味

中图分类号:TS214.2

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2012)01-0108-04

Effect of Direct-fire and Steam-heating in Soymilk Preparation on Flavor of Tofu

LI Jing-yan, REN Jian-hua, GUO Shun-tang

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The effect of two different heating ways of direct-fire and steam-heating in soymilk preparation on Glucono-Delta-Lactone (GDL) tofu was investigated by sensory evaluation and chemical analysis in this paper. Solid phase extraction was used in the extraction of flavor compounds in tofu, and these compounds were detected by gas chromatography-mass spectrometry. The results of sensory evaluation showed that the scores of beany flavor and hay flavor in tofu made by direct-fire heating method were similar with those in steam-heating method, while the scores of beany aroma, sweet aroma and sour flavor in tofu made by direct-fire method were higher than those in steam-heating method. These differences indicated that the strength of flavor in tofu made by direct-fire heating was higher than that in steam-heating tofu. Gas chromatography-mass spectrometry analysis showed that ethyl acetate, methylcyclopentane, benzene, pentanal, 1-pentanol, hexanal, ethylbenzene, o-xylene, p-xylene, N, N-dimethylacetamide, 1-octen-3-ol, pentanoic acid and butyl butyrate could be detected in both methods, while toluene, 3-hydroxy-butanal, hexanoic acid, methylbenzoate and benzofuran were detected only in tofu processed in direct-fire heating method, and azetidine, diethyl malonate, dimethylamine and paeonol were specific compounds in steam-heating tofu.

Key words: GDL tofu; Solid phase extraction; Flavor

豆腐是一种传统的植物蛋白食品,深受广大消费者的喜爱。豆腐的风味主要取决于豆乳。Qi和Weng用同时蒸馏萃取的方法和OVA(Odor Activity Value)分析法对豆腐的风味化合物进行了研究,发现反-2,4-癸二烯醛,二甲基二硫,3-甲基正丁醛,丁酸乙酯,2-甲基正丁醛是豆腐的特殊气味成分^[1]。传统的豆腐加工,豆乳是采用直火进行加热。而随着现代食品工业的发展,豆腐的生产采用蒸汽进行加热并实现了机械化、自动化。虽然机械化生产极大的提高了豆腐生产的效率,但是机械化生产也丧失了传统的豆腐香气。传统的直火加热方法煮出的豆乳制成的豆制品有一种独特的豆香味,但也存

在一定的弊端,火力掌握不好极易焦糊,给产品带来焦苦味^[2]。如何控制传统加热法风味并实现工业化是行业中面临的新技术需求。为此,该研究分析比较了直火和蒸汽2种加热方式豆腐的风味差异,为传统豆腐加工的现代化控制提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

市售大豆中黄13;葡萄糖酸- δ -内酯(GDL),购于Sigma公司。

1.2 主要仪器设备

千分之一电子天平(GF-300, ND, Japan),西贝

收稿日期:2011-09-28

第一作者简介:李景妍(1986-),女,在读硕士,研究方向为食品风味。E-mail:lijingyan@cau.edu.cn。

通讯作者:郭顺堂(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事蛋白质加工利用研究。E-mail:shuntang@cau.edu.cn。

乐多功能食品加工机(SQ2008,慈溪市西贝乐电器有限公司),循环水式多用真空泵(SHB-Ⅲ,郑州市上街华科仪器厂),电子万用炉(DK-98-Ⅱ,天津市泰斯特仪器有限公司),电子调温电热套(98-1-B,天津市泰斯特仪器有限公司),水浴恒温磁力搅拌器(SHJ-A,金坛市华峰仪器有限公司),吸附填料(Porapak Q,Waters,USA),气相色谱-质谱联用(HP6890N-5973N,美国安捷伦公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 豆乳的制备 挑除虫蚀、霉变、不完整的大豆籽粒及杂物,先用普通水洗3次以除去大豆中的尘土和沙粒,再用重蒸水洗2次,之后以大豆干重:重蒸水=1:3的比例在4℃浸泡18~20 h使大豆充分溶胀,去掉多余的水分,以大豆干重:水(重蒸水)=1:6的比例用多功能食品加工机研磨2 min,将豆糊除去泡沫,在铺有脱脂棉的布氏漏斗中抽真空过滤,除渣,得到生豆乳。

直火加热法:以不锈钢杯为加热容器,采用1 000 W电子万用炉加热300 mL豆乳,同时不断搅拌,防止底部豆浆焦糊化,在不锈钢杯上罩保鲜膜以防止豆浆水分的蒸发造成浓度增加和香气逸散,用温度计测量至95℃后保持5 min得到熟豆浆,然后冰水浴冷却后备用。

蒸汽加热法:用1 000 W电子调温电热套将圆底烧瓶中1 L水加热至沸腾,用橡胶塞连接圆底烧瓶和玻璃导管,产生蒸汽。用玻璃导管将蒸汽通入到装有300 mL豆乳的容器,玻璃导管距容器底部约1 cm距离,防止蒸汽溢出,而降低加热效率,用温度计测量至95℃后,停止蒸汽加热,并继续用95℃水浴维持5 min,然后用冰水浴冷却后备用。

1.3.2 豆腐的制备 300 mL豆乳在不断搅拌的情况下迅速加入9 mL 10%葡萄糖酸-δ-内酯溶液,加入后立即停止搅拌,将容器置入90℃水浴中加热1 h使豆腐成型,之后冷却至室温,然后放入4℃冰箱中,过夜备用。

1.3.3 豆腐风味物质的提取 在2.8 cm(内径)×35 cm(高)的圆形玻璃吸附柱中填充6 cm高的吸附填料(Porapak Q),300 g豆腐用研钵碾碎后在4℃下以4 000 r·min⁻¹离心30 min,取上清液以1滴·7s⁻¹的流速通过吸附柱吸附风味物质,用去离子水多次洗脱吸附柱中的水溶性物质,并弃去,然后用30 mL乙醚洗脱风味物质,将该洗脱液在37℃蒸发浓缩至10 mL后,将其放到小烧杯中后,左手拿烧杯,右手持N₂导管,使N₂钢瓶的分压力控制在0.1 MPa,一边转动烧杯,一边转动N₂导管,使其浓缩至0.4 mL,备用。

1.3.4 豆腐的感官分析 参照文献[3-6]进行评价。感官评价及风味描述如表1。5种基本标准物质配制成不同的浓度,品尝鉴定。由经过培训的人员组成评审小组,选定10名具有50 h的感官评价经验的分析人员组成评价小组采用评分法进行感官评定。检验前,首先应确定所使用的标度类型,使鉴赏员对每个评分点所代表的意义有共同的认识。评价过程:将2个样品分别切成大小均一的形状,装在2个大小、形状、颜色相同的盘子上。在室温条件对豆腐进行评价,填写感官评价表,进行打分。采取-3到3进行打分统计,以0为分界点,0以上的风味为喜欢的风味,0以下为不喜欢的风味,绝对值越大味道越重。在评价过程中做4次平行实验,对所有的结果求平均值,并进行方差分析。

表1 豆腐风味描述
Table 1 Flavor lexicon in descriptive analysis

风味描述 Flavor description	定义 Definition	参考标准 Reference
豆腥味 Beany flavor	生大豆、生红豆	50 g大豆在400 mL水中加热15 min
酸味 Sour flavor	酒石酸的味道	1 g酒石酸溶于100 mL水中
青草味 Hay flavor	干草的味道	0.01%的4,5-二甲基-2-异丁基噻唑
甜香味 Sweet aroma	煮熟的麦片味	麦片50 g加入到500 mL水中
豆香味 Beany aroma	大豆在高温下焙烤一段时间	0.01%的反,反-2,4-庚二烯醛溶于三醋酸甘油酯中

1.3.5 气相色谱-质谱联用分析 GC-MS条件:色谱柱型号:DB-WAX;规格:30 m×0.25 mm×0.25 μm;进样口温度210℃;升温程序:40℃保持25℃,以3℃·min⁻¹升至160℃,保持1 min;接口温度210℃。柱流量为0.8 mL·min⁻¹;分流比为10;进样量:1 μL。

1.4 数据分析
采用Excel 2007进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同加热方式制备的豆腐的感官评价
对直火加热和蒸汽加热制作的豆腐进行了感

官评价,其感官评定结果如图 1 所示。2 种豆腐均存在豆腥味、酸味、青草味、甜香味、豆香味,但直火法的豆腐的豆腥味和青草味与蒸汽法相当,而豆香味、甜香味和酸味高于蒸汽豆腐,尤其是豆香味强度评分是蒸汽法豆腐的 2 倍,方差分析表明二者之间存在显著性差异;直火豆腐和蒸汽豆乳的总体评分分别为 1.52 和 -0.08,存在显著性差异,说明直火豆腐的风味要浓于蒸汽豆腐。

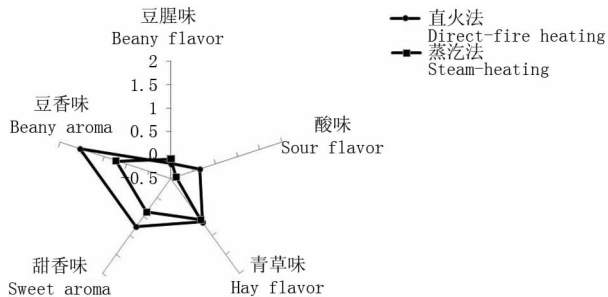


图 1 直火法与蒸汽法调制的豆腐的风味感官分析结果

Fig. 1 Descriptive score of tofu made by direct-fire heating and steam-heating methods

2.2 不同豆腐风味成分的比较

采用 GC-MS 对 2 种豆腐的气味提取成分进行了分析。根据谱图和质谱软件的化合物模拟分析,直火和蒸汽加热的豆腐分别鉴定出 32 种和 27 种化合物,按照化合物种类对检测出的气味化合物归类。

由表 2 可知,从数量上来看,与蒸汽法相比,直火豆腐中醇类、杂环类、醛类、酮类和苯环类物质多 1 种,酸类物质多 5 种;从相对含量来看,直火豆腐的酸类成分要明显高于蒸汽豆腐。苯环类化合物占总化合物比例最高,均达到 82% 以上。

由表 3 可知,乙酸乙酯、甲基环戊烷、苯、正戊醛、1-戊醇、己醛、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、N,N-二甲基乙酰胺、1-辛烯-3-醇、戊酸、丁酸丁酯是 2 种豆腐共有的风味化合物。甲苯、3-羟基丁醛、己酸、苯甲酸甲酯、苯并呋喃为直火豆腐所特有的风味化合物,而氮杂丁烷、丙二酸二乙酯、二甲胺、芍药醇为蒸汽豆腐所有的风味化合物。

表 2 直火法与蒸汽法豆腐中化合物种类、数量及相对百分含量
Table 2 Sorts, amounts and relative percentage contents of compounds in tofu made by direct-fire heating and steam-heating methods

化合物类别 Compounds sorts	化合物数量 Amounts		相对含量 Relative percentage contents/%	
	直火法 Direct-fire heating	蒸汽法 Steam-heating	直火法 Direct-fire heating	蒸汽法 Steam-heating
胺类 Amines	1	3	12.60	13.00
醇类 Alcohols	6	5	0.50	0.62
烷烯炔类 Alkyl olefin	4	5	0.34	0.83
酯类 Esters	3	4	0.39	0.50
酸类 Acids	6	1	1.80	0.17
杂环类 Heterocyclic	1	0	0.03	0
醛类 Aldehydes	3	2	1.34	1.01
醚类 Ethers	0	1	0	0.09
酮类 Ketones	1	0	0.14	0
苯环类 Benzene class	7	6	82.04	82.70

3 结论与讨论

通过 GC-MS 分析直火、蒸汽加工豆腐的风味化合物,乙酸乙酯、甲基环戊烷、苯、正戊醛、1-戊醇、己醛、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、N,N-二甲基乙酰胺、1-辛烯-3-醇、戊酸、丁酸丁酯是 2 种豆腐共有的风味化合物。氮杂丁烷、丙二酸二乙酯、二甲胺、芍药醇为蒸汽豆腐所有的呈味化合物,但其中氮杂丁烷、二甲胺等有氨味不能使豆腐增香。从数量上来看,醇类、杂环类、醛类、酮类和苯环类直火豆腐比

蒸汽豆腐多 1 种,而酸类物质多 5 种。甲苯、3-羟基丁醛、己酸、苯甲酸甲酯、苯并呋喃为直火豆腐所特有的呈香化合物。这 5 种化合物可能是导致 2 种加热方式的豆腐风味不同的原因,每种化合物对 2 种加热方式豆腐香气的贡献度及 2 种加热方式产生的不同挥发性香气物质的机理需要进一步研究。Kobayash 等^[7]鉴定豆腐的风味化合物得到主要挥发性致香成分为己醛、己醇、戊醛、麦芽糖等,而该研究分析的结果除麦芽糖以外的 3 种物质均存在,有一定的相似性。采用直火加热豆浆制备豆腐,一

方面增加了普通豆腐中共有的风味物质含量,使豆 喃等成分赋予了豆腐特有的香味。腐的风味增强,同时,又产生了苯甲酸甲酯、苯并呋

表 3 直火法与蒸汽法豆腐中风味化合物汇总表

Table 3 Summary of flavor compounds in tofu made by direct-fire heating and steam-heating methods

风味化合物 Flavor compounds	风味描述 Flavor description	相对含量 Relative percentage contents/%	
		直火法 Direct-fire heating	蒸汽法 Steam-heating
乙酸乙酯 Ethyl Acetate	芳香气味	0.26	0.18
甲基环戊烷 Methylcyclopentane	刺激性气味	0.04	0.06
苯 Benzene	强烈的芳香味	0.16	0.22
正戊醛 Pentanal	芳香气味	0.10	0.06
1-戊醇 1-Pentanol	略有甜味	0.28	0.24
己醛 Hexanal	有刺激性气味	1.16	0.95
乙苯 Ethylbenzene	有芳香气味	19.10	18.84
邻二甲苯 o-Xylene	有类似甲苯的气味	42.46	43.12
间二甲苯 p-Xylene	有类似甲苯的气味	20.18	20.32
N,N-二甲基乙酰胺 N,N-dimethylacetamide	有鱼腥味	12.60	12.92
1-辛烯-3-醇 1-Octen-3-ol	强烈蘑菇样甜的药草、干草样壤香	0.02	0.30
戊酸 Pentanoic acid	有芳香气味	0.48	1.08
丁酸丁酯 Butyl butyrate	具有苹果、凤梨等香味	0.06	0.13
甲苯 Toluene	刺激性气味	0.05	/
3-羟基丁醛 3-hydroxy-butanal	有芳香气味	0.08	/
己酸 Hexanoic acid	略有酸味	0.87	/
苯甲酸甲酯 Methyl benzoate	有强烈的花香和樱桃香味	0.07	/
苯并呋喃 Benzofuan	有芳香味	0.03	/
氮杂丁烷 Azetidine	具氨样气味	/	0.06
丙二酸二乙酯 Diethyl malonate	有芳香味	/	0.14
二甲胺 Dimethylamine	有氨的气味	/	0.04
芍药醇 Paeonol	有强烈的芳香味	/	0.05

参考文献

[1] Qi S P,Weng X C. Volatile flavor compounds of tofu[J]. Journal of Shanghai University (Natural Science Edition),2008 ,14 (1) : 100-106.

[2] 石彦国,任莉. 大豆制品工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001. (Shi Y G, Ren L. The technology of soybean products [M]. Beijing:China Light Industry Press,2001.)

[3] Lozano P R,Drake M,Benitez D,et al. Instrumental and sensory characterization of heat-induced odorants in aseptically packaged soymilk[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2007,55: 3018-3026.

[4] Keast R S J,Lau J J. Culture-specific variation in the flavor profile of soymilks[J]. Journal of Food Science,2006,71(8) :567-572.

[5] Wilkens W F,Mattick L R,Hand D B. Effect of processing method on oxidative off-flavors of soybean milk [J]. Food Technology , 1967,21 :1630-1633.

[6] 孙君社,薛毅. 食品感官鉴别[M]. 广州:华南理工大学出版社,1994. (Sun J S,Xue Y. The sensory evaluation of food[M]. Guangzhou:South China University of Technology Press,1994.)

[7] Kobayashi A,Wang D M,Yamazaki M,et al. Aroma constituents of tofu(soy bean curd) contributing to its flavor character[J]. Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology,2000,47 (8) :613-618.