

酶解预处理对蘑菇汤营养成分及挥发性风味物质的影响

李 琴, 朱科学, 周惠明*

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 利用纤维素酶和 4 种蛋白酶(复合蛋白酶、风味蛋白酶、菠萝蛋白酶及木瓜蛋白酶)对双孢蘑菇进行分步酶解,同时利用食用菌水解酶对双孢蘑菇进行酶解,研究酶解预处理对双孢蘑菇汤营养与风味成分的影响。对酶解预处理的蘑菇汤的固形物质量分数、蛋白质、游离氨基酸、总糖、还原糖、甘露醇、海藻糖及挥发性风味成分进行测定,结果表明:经过酶解预处理,固形物、蛋白质、游离氨基酸等成分都显著增加;总糖质量分数只有纤维素酶以及复合蛋白酶共同作用后明显增加;葡萄糖与果糖没有明显变化;而甘露醇和海藻糖质量分数经酶解后有的变化不明显,有的显著降低;挥发性风味物质的种类和质量分数都产生明显的变化。

关键词: 双孢蘑菇汤;酶解;预处理;营养;挥发性风味物质

中图分类号: TS 255.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-1689(2012)08-0836-08

Effect of Enzymatic Pre-Treatment on the Nutrition and Volatile Compounds of Mushroom Soup

LI Qin, ZHU Ke-xue, ZHOU Hui-ming*

(School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Button mushroom was pretreated by cellulase and four proteases (protemax, flavorzyme, bromelain, papain) and edible fungus hydrolase. The effect of enzymatic pre-treatment on the nutrition and flavour of mushroom soup was investigated. The solid, protein, free amino acids, total sugar, reducing sugars, mannitol, trehalose and volatile compounds were detected in mushroom soup pretreated by enzymes. The results indicated that the levels of solid, protein and free amino acids increased significantly in the mushroom soup compared with the control, the total sugar content increased significantly in the mushroom soup pretreated by cellulase and proteamax, the levels of glucose and fructose were unchanged significantly, but the content of mannitol and trehalose were unchanged significantly or decreased significantly after pretreated by enzymes. The varieties and quantities of volatile compounds changed significantly.

Key words: button mushroom soup, enzymatic hydrolyse, pre-treatment, nutrition, volatile compounds

收稿日期: 2011-09-10

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2008BADA1B05)。

作者简介: 李琴(1982-),女,山东滨州人,粮食、油脂与植物蛋白工程博士研究生。E-mail:liqin200809.funny@163.com

* 通信作者: 周惠明(1957-),男,江苏无锡人,工学博士,教授,博士研究生导师,主要从事粮食及植物蛋白研究。

E-mail:hmzhou@jiangnan.edu.cn

双孢蘑菇是目前世界上培养量、消费量最大的食用菌之一^[1],也是我国培养最广,产量最大的一种食用菌。它的营养丰富,味道鲜美,同时具有一定的保健作用。双孢蘑菇蛋白质含量高,脂肪含量低,并且氨基酸组成全面,含有人体所需的8种必需氨基酸,特别是赖氨酸^[2],是谷物类食品很好的补充。同时,双孢蘑菇中维生素D含量丰富^[3]。食用菌类(双孢蘑菇)味道鲜美,是由于含有丰富的呈鲜味的氨基酸、核苷酸类、可溶性糖、醇类、有机酸等多种小分子水溶性物质^[4],研究证明鲜味氨基酸及核苷酸具有一定的协同增鲜作用^[5]。除呈味物质外,蘑菇的挥发性风味物质也对蘑菇风味起重要作用,特别是含8个碳原子的不饱和醇、醛、酮类^[6]。另外,双孢蘑菇具有多种生物活性,研究表明其具有降低血糖及胆固醇的功效^[7];近年来研究证明双孢蘑菇提取物具有抗癌作用^[8];此外,双孢蘑菇还具有明显的抗氧化作用^[9]。

虽然我国双孢蘑菇产量丰富,但是目前双孢蘑菇产品仍然处在粗加工阶段,主要以鲜蘑、干品、罐头、方便面汤料等产品形式在市场上出售或出口,精深加工力度不足。近年来,双孢蘑菇的精深加工研究越来越受到人们的重视,如邵伟等对蘑菇抽提物工艺及菇精的制备进行了研究^[10],LIU等对双孢蘑菇方便调味料进行了风味的强化研究^[11]。蘑菇的营养及风味使其成为制作汤品的重要原料,但是传统的熬汤方式存在加工时间长、营养成分溶出率低等缺陷,这是由于食用菌的细胞壁由蛋白质、几丁质、葡聚糖、纤维素等成分组成,结构坚固、致密,营养成分及风味物质难以释放,同时,风味成分往往与蛋白质、多糖、脂肪等营养物质存在相互作用,从而导致风味物质不能均匀的释放出来^[12]。国内有研究者应用酶解技术对香菇、蘑菇、茶树菇等^[13-15]食用菌进行了酶解工艺的研究,为食用菌的精深加工提供了一定的理论依据。为了使营养及风味物质充分释放到汤中,作者采用纤维素酶与不同蛋白酶分步作用及食用菌水解酶作用,比较了分步酶解作用及食用菌水解作用的效果。通过酶解预处理使营养及风味物质充分释放到汤中,节省熬制时间、减少熬制的损失、完善汤的风味,为双孢蘑菇的精深加工拓宽思路,同时提供一定的科学依据。目前,国外有关于蘑菇汤块风味的研究报告^[16],但经过酶解预处理的汤的风味鲜见报道。作

者对酶解处理后的汤的营养及风味成分进行了测定,并对不同酶的作用效果进行了比较。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

双孢蘑菇粉:上海大山生物科技有限公司产品;纤维素酶(10 000 u/g)、木瓜蛋白酶(80 万 u/g)、菠萝蛋白酶(80 万 u/g)、食用菌水解酶(10 000 u/g):广西南宁庞博生物工程有限公司产品;复合蛋白酶 Protamex(1.5 AU/g)、风味蛋白酶 Flavourzyme 500 MG(500 LAPU/g):丹麦诺维信有限公司产品;盐酸、氢氧化钠、浓硫酸、苯酚、葡萄糖、果糖、甘露醇:国药集团化学试剂有限公司产品;正构烷烃混合标准品(C8—C26):美国Sigma公司产品。

1.2 仪器与设备

阿贝折光仪:上海光学仪器五厂有限公司产品;安捷伦液相色谱仪(Ag1100):美国安捷伦公司产品;高效液相色谱仪:美国瓦里安公司产品;50/30 μ m DVB/CAR/PDMS 萃取头^[17]:美国Supelco公司产品;气相色谱—质谱联用仪:美国费尼根公司产品。

1.3 方法

1.3.1 酶解过程 双孢蘑菇的细胞壁由蛋白质、几丁质、纤维素等成分组成,为了使蘑菇的营养成分及风味物质更充分的释放,采用纤维素酶与蛋白酶分步酶解的方法。已有研究者对两种酶分步作用于香菇、蘑菇等进行了报道^[13-15]。而目前有一种食用菌水解酶,是一种由纤维素酶与蛋白酶组成的复合酶,分为水解酶A和水解酶B,分步作用于底物。因此,酶解分两种类型,一是纤维素酶与蛋白酶分步作用;二是食用菌水解酶A和B分步作用。

1)纤维素酶与蛋白酶分步作用 双孢蘑菇粉与水以一定质量体积比(1 g:40 mL)混匀,在纤维素酶最适温度、pH范围内选择温度45℃、pH4.5,加入一定量的纤维素酶(0.2 g/hg,酶/原料),作用一定时间后调节温度、pH(不同蛋白酶选择不同的温度、pH),加入一定量的蛋白酶(0.2 g/hg),作用一定时间后,沸水浴熬制30 min。酶解液冷却后冷冻离心,取上清液,定容到一定体积。

2)食用菌水解酶 双孢蘑菇粉与水以一定质量

体积比(1 g : 40 mL)混匀,调节温度 50~55 ℃、pH 4.5,加入水解酶 A(0.2 g/hg),水解一定时间,调节 pH 6.5~7.0,加入水解酶 B(0.2 g/hg),水解一定时间,沸水浴熬制 30 min。酶解液冷却后冷冻离心,取上清液,定容到一定体积。

1.3.2 固形物测定 阿贝折光仪。

1.3.3 蛋白质测定 凯氏定氮法。

蛋白质回收率 = $\frac{\text{汤的蛋白质质量浓度(g/mL)} \times \text{汤的体积(mL)}}{\text{原料质量(g)} \times \text{原料中蛋白质的质量分数(g/hg)}} \times 100\%$

1.3.4 游离氨基酸测定 分析方法:OPA FMOC 柱前衍生;色谱条件:柱 250×4.6 mm×5 μm ODS HYPERSIL;柱温:40 ℃;流动相 A 相:8.0 乙酸钠溶于 1 000 mL 水,加入 250 μL 三乙胺,滴加 5 g/dL 醋酸调 pH=7.20±0.05,加入 5 mL 四氢呋喃;B 相:8.0 乙酸钠溶于 400 mL 水,滴加 2 g/dL 醋酸调 pH=7.20±0.05,加入 800 mL 乙腈,加入 800 mL 甲醇。

1.3.5 总糖测定 苯酚-硫酸法 测定方法:准确吸取蘑菇汤 1 mL,置于 20 mL 的干燥具塞试管中,加入质量浓度 5 g/dL 的苯酚 1 mL,静置 10 min,用漩涡振荡器混匀,于 30 ℃ 恒温水浴静置 20 min,于 490 nm 下测定吸光度,以葡萄糖为标准品做标准曲线,计算总糖含量。

1.3.6 小分子糖、醇的测定 色谱条件: Sugarpakl column (6.5 mm×300 mm);流动相:去离子水;流量:0.4 mL/min;外标法定量。

1.3.7 挥发性风味成分测定 风味成分的测定采用顶空-固相微萃取-气质联用(HS-SPME-GC-MS),萃取及色谱质谱条件参考文献^[18]。

采用顶空固相微萃取(HS-SPME),对挥发性风味成分进行萃取。应用 50/30 μm DVB/CAR/PDMS(美国 Supelco 公司)萃取头对样品进行萃取,在 15 mL 装有磁力搅拌子的顶空采样瓶中装入汤 5 mL,NaCl 1.6 g,于 55 ℃ 恒温水浴中,边搅拌边萃取 30 min,于 GC 进样口 250 ℃ 解析,利用 GC/MS(Agilent 7890-5975,美国)进行分析,通过 DB-WAX 毛细管柱(30 m×0.25 mm.×0.25 μm)进行分离;程序升温条件为:40 ℃ 保持 3 min,以 5 ℃/min 的速度升到 80 ℃,再以 10 ℃/min 的速度升至 230 ℃,在 230 ℃ 保持 7 min。载气:He;流速:1 mL/min。质谱条件(MS):EI 电离源;电子

能量:70 eV;离子源温度:230 ℃;扫描范围:30~550。

风味化合物的定性与定量:风味化合物的 RI 通过正构烷烃(C8-C26)计算得到,正构烷烃(C8-C26)图谱见图 4。未知化合物通过与标准化合物比较保留指数(RI)、文献中相同化合物的 RI 及 NIST98、Wiley 数据库鉴定;定量分析采用内标法,以正癸醇为内标,正癸醇甲醇溶液质量浓度为 52 μg/mL。

化合物保留指数 RI 计算公式:

$RI_{\text{样品}} = RI_{\text{前}} + (Rt_{\text{样品}} - Rt_{\text{前}}) \times 100 / (Rt_{\text{后}} - Rt_{\text{前}})$
式中:RI_{样品} 为样品色谱峰的 RI;RI_前 为样品色谱峰前面烷烃标样的 RI; $Rt_{\text{样品}}$ 为样品色谱峰的 Rt ; $Rt_{\text{前}}$ 为前面烷烃标样的 Rt ; $Rt_{\text{后}}$ 为后面烷烃标样的 Rt ; Rt 为色谱峰的保留时间。

2 结果与分析

2.1 酶解预处理对蘑菇汤固形物含量的影响

与大部分植物的细胞壁不同,食用菌细胞壁由蛋白质、几丁质、葡聚糖等组成,并且,这些多糖与其他成分形成复杂的网状结构^[19],导致食用菌的细胞壁结构致密,细胞内的成分不易释放,造成蘑菇汤熬制过程营养成分的损失。经过酶解预处理后(图 1),汤的固形物含量有显著的增加。其中,食用菌水解酶作用后增加了 42.6%,而纤维素酶与各种蛋白酶分步作用后则增加了 15%左右的。说明在总的固形物质量浓度上食用菌水解酶的作用效果要高于分步酶解的作用效果,原因可能是由于食用菌水解酶在多种酶共同作用时有一定的协同作用,有利于细胞壁的分解,从而使可溶性固形物更容易释放出来。

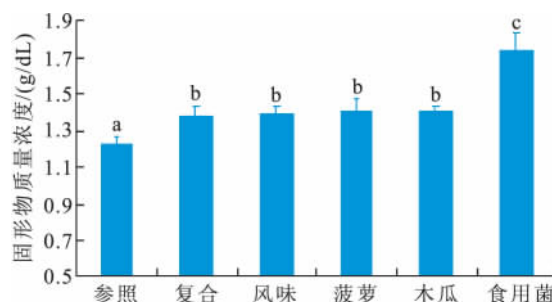


图 1 酶解预处理对蘑菇汤固形物质量浓度的影响

Fig. 1 Effect of enzymatic pre-treatment on the solid content of mushroom soup

2.2 酶解预处理对蘑菇汤蛋白质及游离氨基酸的影响

从图 2(a)可以看出酶解后蛋白质回收率都得到提高,除风味蛋白酶外,其他酶的作用都使蛋白质回收率明显增加,其中,菠萝蛋白酶与食用菌水解酶的效果最明显。而从氨基酸总量上看(图 2(b)),酶解后的氨基酸总量都明显增加,复合蛋白酶与食用菌水解酶作用后氨基酸增加最多,这主要是因为复合蛋白酶是内外切复合酶,可以从两端和内部对蛋白质作用,作用位点多,得到更多的氨基酸,而食用菌水解酶是由纤维素酶、蛋白酶及风味酶组成的复合酶,这些酶相互之间有一定的协同作

用,对细胞壁有更强的降解作用,得到更多的氨基酸。从各个氨基酸变化图(图 2(c))上可以看出,天冬氨酸、谷氨酸、-氨基丁酸、半胱氨酸、亮氨酸、脯氨酸的含量在经过各种酶作用后都有明显的增加,其中,天冬氨酸和谷氨酸是蘑菇中主要的鲜味物质,对汤的鲜味起重要作用;-氨基丁酸是蘑菇中重要的生物活性物质,具有降血压的功效^[20];半胱氨酸、亮氨酸、脯氨酸是参与美拉德反应,产生香味物质的重要前体物质^[21]。而有的氨基酸含量则显著降低,如谷氨酰胺,这是由于谷氨酰胺在酸性、碱性及高温环境中的不稳定性造成的。

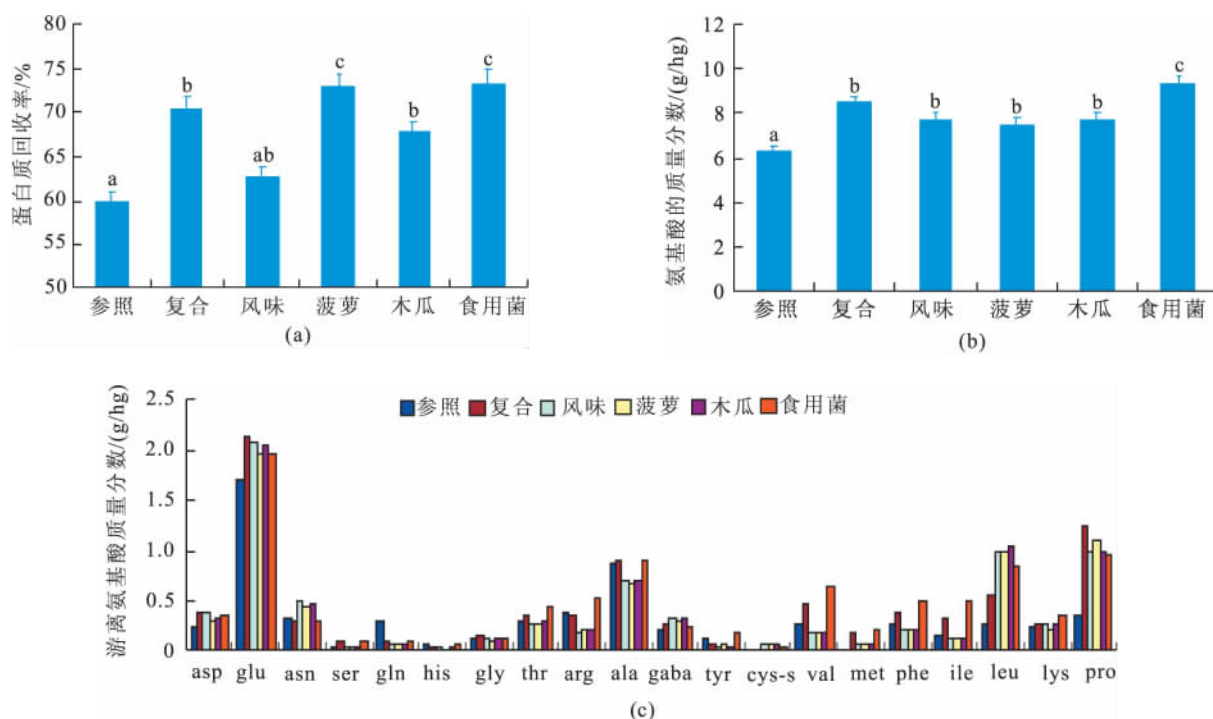


图 2 酶解预处理对蛋白质(a)、氨基酸(b)和游离氨基酸(c)质量分数的影响

Fig. 2 Effect of enzymatic pre-treatment on protein (a) and free amino acids (b-c) content of mushroom soup

2.3 酶解预处理对蘑菇汤总糖、还原糖及甘露醇的影响

从图 3(a)可以看出,不同的酶预处理后,蘑菇汤的总糖含量变化不一,其中,菠萝蛋白酶与风味蛋白酶作用后总糖含量降低,而木瓜蛋白酶与食用菌水解酶作用后总糖含量没有明显改变,只有复合蛋白酶作用后,总糖含量有明显增加;经测定,蘑菇汤中的单糖主要有葡萄糖和果糖,葡萄糖与果糖一方面对汤的味道起重要作用,另一方面,它们是美拉德反应的重要

前体物质,而酶解预处理后其含量变化不明显,如图 3(b)所示;海藻糖是一种由葡萄糖组成的非还原性双糖,它在加热过程中可能分解为葡萄糖^[22]。酶预处理后,图 3(c)显示甘露醇的含量有一定变化,其中复合蛋白酶与食用菌水解酶作用后,甘露醇含量明显降低;而海藻糖经酶解处理后含量都有一定的减少,文献报道,经过烹调后甘露醇及海藻糖会由于热降解而含量降低^[22],说明经过酶解预处理后,甘露醇与海藻糖在热加工时更容易降解。

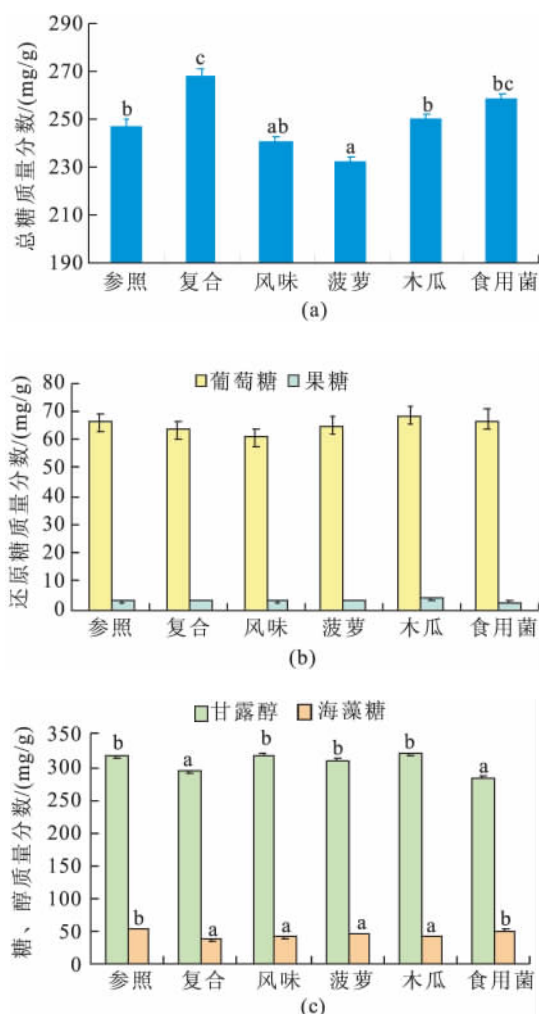


图3 酶解预处理对蘑菇汤总糖(a)及小分子糖(b)、醇质量分数(c)的影响

Fig. 3 Effect of enzymatic pre-treatment on total sugar (a), reducing sugars and small molecular sugar (b) and polyol content (c) of mushroom soup

2.4 酶解预处理对蘑菇汤挥发性风味物质的影响

双孢蘑菇汤的风味主要来源于3条途径:一是蘑菇中固有物质的释放;二是风味前体物质,如糖类、氨基酸、核苷酸等物质的热降解;三是氨基化合物(氨基酸、肽、蛋白)与羰基化合物(还原糖类)发生的美拉德反应。从表1可以看出,经过酶解预处理后熬制的蘑菇汤风味与参照样有明显的区别。其中,醇类、醛类和酮类物质含量增加,如正己醇、正辛醇、1-辛烯-3-醇、正己醛、正辛醛及2-戊酮,这些风味物质是亚油酸、亚麻酸等脂肪酸类物质降解产物,它们的增加一方面是由于预处理促进了脂肪酸类物质的降解,另一方面可能由于酶解作用打破了这些风味物质与某些营养成分的作用力,使风味

物质更容易释放出来。另一个产生风味的重要方式,是在加热过程中氨基酸的斯特雷克降解反应,如3-甲基丁醛是亮氨酸经斯特雷克降解产生的重要产物,也是美拉德反应的中间反应物质^[23]。而图2(c)也显示,经各种酶预处理后,亮氨酸的含量显著增加,从而在加热过程产生了更多的3-甲基丁醛。苯乙醛的含量经酶解预处理后明显增加,它是苯丙氨酸在加热过程降解产生的风味物质^[24]。杂原子化合物是食品热加工过程中美拉德反应的重要产物,并对食品的风味起重要作用。经过酶解后,有些杂原子化合物含量降低,如糠醛、二氢-5-戊基-2(3H)-呋喃酮、2,6-二甲基吡嗪、2-乙酰吡咯,有些经过酶解后甚至未检测到,如糠醛;但同时,酶解后,也产生了许多新的杂原子化合物,如2-戊基呋喃、二甲基三硫化合物、十六酸甲酯、三甲基吡嗪等化合物,这主要是由于各种酶的作用位点不同,释放出不同的风味前体物质,经美拉德反应产生了不同的风味物质。这些风味成分的变化对蘑菇汤的感官产生哪些影响,还需要进一步的鉴定。

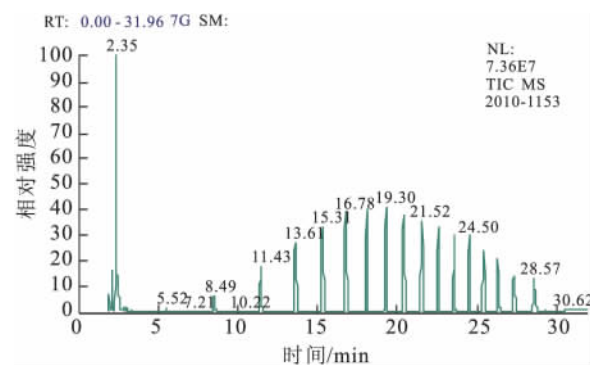


图4 正构烷烃混标(C8-C26)的GC/MS图谱

Fig. 4 GC/MS of n-alkane standards (C8-C26)

3 结 语

经过酶解预处理的蘑菇汤,营养成分及风味物质都有一定的变化,而不同种类的酶作用效果不同。经过酶解预处理,总的固形物、蛋白质及游离氨基酸总量都明显增加。其中,食用菌水解酶作用后得到的总固形物质量分数、蛋白质回收率及游离氨基酸总量最多,说明与其他蛋白酶与纤维素酶的分步作用相比,这种复合酶的协同作用使双孢蘑菇细胞壁更易破碎,细胞内的蛋白质更易溶出,同时,

表 1 不同酶预处理的蘑菇汤的风味物质质量分数

Tab. 1 Aroma compounds content in mushroom soup pretreated by different enzymes

RI	风味物质	质量分数/($\mu\text{g}/\text{hg}$)					
		参照	复合蛋白酶	风味蛋白酶	菠萝蛋白酶	木瓜蛋白酶	食用菌水解酶
	醇类						
1 336	正己醇	3.77	16.25	6.72	-	9.11	6.13
1 426	1-辛烯-3-醇	15.23	24.98	36.67	3.50	32.10	46.45
1 550	正辛醇	5.26	14.83	10.73	14.75	15.34	9.35
1 629	正壬醇	-	-	17.49	23.04	22.64	58.13
1 855	苯甲醇	184.80	338.63	432.25	339.31	225.67	466.19
1 473	2-乙基-1-己醇	17.53	25.87	62.39	85.73	49.20	17.57
1 601	2-辛烯-1-醇	9.21	-	-	-	6.71	-
	醛类						
909	3-甲氧基丁醛	48.05	200.60	52.80	177.79	71.42	384.06
1 064	正己醛	18.53	148.47	72.31	89.03	45.90	223.45
1 262	正辛醛	-	17.56	10.19	12.62	10.60	21.65
1 373	壬醛	4.92	80.90	71.77	50.60	95.82	121.44
1 406	2-辛烯醛	-	-	-	3.03	3.67	15.30
1 478	癸醛	-	11.08	36.49	-	41.22	27.74
1 494	苯甲醛	73.20	400.04	364.04	335.43	205.89	714.50
1 613	苯乙醛	23.39	216.72	142.41	104.24	146.87	184.10
1 630	2-丁基-2-辛烯醛	-	-	2.59	-	-	12.62
	酮类						
975	2-戊酮	-	49.12	14.76	19.60	13.58	69.62
1 280	1-辛烯-3-酮	1.73	3.39	2.26	-	1.67	18.06
1 289	2,3-二辛烯酮	-	12.29	6.75	-	7.74	36.89
1 384	3-辛烯-2-酮	17.30	17.70	-	2.72	9.97	25.27
1 483	3-壬烯-2-酮	-	10.86	-	-	6.22	-
1 832	香叶基丙酮	-	27.47	25.84	21.00	12.13	17.13
1 312	6-甲基-5-庚烯-2-酮	8.95	16.34	13.08	12.67	8.36	18.09
1 625	苯乙酮	9.47	63.79	92.37	16.38	11.19	58.13
	杂原子化合物						
1 202	2-戊基呋喃	-	12.63	7.85	4.37	3.41	31.45
1 178	吡啶	8.50	51.30	0.06	-	-	76.01
1 246	甲基吡嗪	3.17	-	-	-	-	4.20
1 361	二甲基三硫化合物	-	1.12	-	2.35	-	0.99
1 435	糠醛	6.90	-	-	-	-	-
2 012	二氢-5-戊基-2(3H)-呋喃酮	18.69	-	8.43	8.01	6.95	10.56
2 179	十六酸甲酯	-	-	-	-	-	11.70
1 306	2,6-二甲基吡嗪	19.77	1.14	1.50	1.93	1.58	8.49
1 395	三甲基吡嗪	-	-	-	10.84	-	-
1 943	2-乙酰吡咯	10.39	-	-	-	5.46	-

注:-= 化合物未检出

在酶作用下,产生了更多的游离氨基酸,其中鲜味氨基酸明显增加;而经过食用菌水解酶作用后的有些糖醇类的质量分数则有所降低,但这种降低与其他物质的增加相比相对较少,因此,食用菌水解酶酶解后总固形物质量分数最多。

通过检测酶解预处理后的蘑菇汤的挥发性风味物质,可以看出,各种风味物质的变化显著。经过酶解促进了原有风味物质的释放,使双孢蘑菇

汤中多种醇类、醛类、酮类的质量分数增加;而醛类物质 3-甲基丁醛、苯乙醛质量分数显著增加,这些醛类是氨基酸斯特雷克降解的产物,同时它们能进一步参与美拉德反应;酶解作用的汤中检测到了多种新的杂原子化合物,如 2-戊基呋喃、二甲基三硫化合物、三甲基吡嗪,这些物质是美拉德反应产生的风味物质,由于不同种类的酶作用产生不同的风味前体物质,从而产生了不同的风味物质。

参考文献(References):

- [1] Mattila P, Suonpää K, Piironen V. Functional properties of edible mushrooms[J]. **Nutrition**, 2000, 16(7/8): 694—696.
- [2] Hallock R M. The taste of mushrooms[J]. **McIlvainea**, 2007, 17(1): 33—41.
- [3] Mattila P H, Piironen V I, Uusi-rauva E J et al. Vitamin D contents in edible mushrooms[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1994, 42(11): 2449-2453. [4] Rotzoll N, Dunkel A, Hofmann T. Quantitative studies, taste reconstitution, and omission experiments on the key taste compounds in morel mushrooms (*Morchella deliciosa Fr.*) [J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(7): 2705—2711.
- [5] Cairoli P, Pieraccini S, Sironi M, et al. Studies on umami taste. synthesis of new guanosine 5-phosphate derivatives and their synergistic effect with monosodium glutamate[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2008, 56(3): 1043—1050.
- [6] Guedes D, Ribeiro B, Gonçalves R F, et al. Correlation between the pattern volatiles and the overall aroma of wild edible mushrooms[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2008, 56(5): 1704—1712.
- [7] Jeong S C, Jeong Y T, Yang B K, et al. White button mushroom (*Agaricus bisporus*) lowers blood glucose and cholesterol levels in diabetic and hypercholesterolemic rats[J]. **Nutrition Research**, 2010, 30(1): 49—56.
- [8] Chen S, Oh S R, Phung S, et al. Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) [J]. **Cancer Research**, 2006, 66(24): 12026—12034.
- [9] Savoie J M, Minvielle N, Largeteau M L. Radical-scavenging properties of extracts from the white button mushroom, *Agaricus bisporus* [J]. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2008, 88(6): 970—975.
- [10] 邵伟,乐超银,涂志英. 蘑菇抽提物工艺研究及菇精的制备[J]. **中国酿造**, 2008, 16(193):102—103.
SHAO Wei, YUE Chaoyin, TU Zhi-ying. Study on craft of mushroom extracts and preparation of the mushroom condiment[J]. **China Brewing**, 2008, 16(193):102—103. (in Chinese)
- [11] LIU Z, ZHOU J, ZENG Y et al. The Enhancement and Encapsulation of *Agaricus bisporus* Flavor[J]. **Journal of Food Engineering**, 2004, 65(3): 391—396.
- [12] Mitchell M, Brunton N P, Wilkinson M G. Impact of salt reduction on the instrumental and sensory flavor profile of vegetable soup[J]. **Food Research International**, 2011, 44(4): 1036—1043.
- [13] 臧晋,李慧星,李杰. 酶解法制备香菇酱工艺条件的研究[J]. **中国调味品**, 2010, 35(3): 83—85.
ZANG Jin, LI Hui-xing, LI Jie. Study on process conditions of *Lentinus edodes* sauce by enzymolysis[J]. **China Condiment**, 2010, 35(3): 83—85. (in Chinese)
- [14] 何飞,骆毅,邵超群,等. 酸性蛋白酶和纤维素酶联合水解蘑菇柄蛋白的研究[J]. **中国调味品**, 2010, 35(11): 51—54.
HE Fei, LUO Yi, SHAO Chao-qun et al. Study on hydrolysis effects of cellulase and acidic protease on *Agarius bisprus* protein[J]. **China Condiment**, 2010, 35(11): 51—54. (in Chinese)
- [15] 高珊,余晓斌. 双酶法水解茶树菇工艺的研究[J]. **食品工业科技**, 2008, 29(1): 181—183.
GAO Shan, YU Xiao-bin. Study on enzymatic hydrolysis technology of *Agrocybe aegerila* [J]. **Science and Technology of**

- Food Industry**, 2008, 29(1): 181—183. (in Chinese)
- [16] Chiang P D, Yen C T, Mau J L. Non-volatile taste components of various broth cubes[J]. **Food Chemistry**, 2007, 101(3): 932—937.
- [17] 李 琴,朱科学,周惠明. 固相微萃取-气相色谱-质谱及气相色谱嗅闻技术分析双孢蘑菇汤的风味活性物质[J]. **食品科学**, 2011, 32(16): 300—304.
- LI Qin,ZHU Ke-xue,ZHOU Hui-ming. Analysis of flavor components in button mushroom soup by HS-SPME-GC-MS and GC-O[J]. **Food Science**, 2011, 32(16): 300—304. (in Chinese)
- [18] Li Q, Zhang H H, Claver I P et al. Effect of different cooking methods on the flavour constituents of mushroom (*Agaricus bisporus* (Lange) Sing) soup[J]. **International Journal of Food Science and Technology**, 2011, 46(5): 1100—1108.
- [19] Adams D. Fungal cell wall chitinases and glucanases[J]. **Microbiology**, 2004, 150(7): 2029—2035.
- [20] Tsai S Y, Wu T P, Huang S J, et al. Nonvolatile taste components of *Agaricus bisporus* harvested at different stages of maturity[J]. **Food Chemistry**, 2007, 103(4): 1457—1464.
- [21] 黄梅丽,王俊卿. 食品色香味化学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2008.
- [22] Barros L, Baptista P, Correia D M, et al. Effects of conservation treatment and cooking on the chemical composition and antioxidant activity of portuguese wild edible mushrooms[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2007, 55(12): 4781—4788.
- [23] Balagiannis D P, Parker J K, Pyle D L, et al. Kinetic Modeling of the Generation of 2- and 3-Methylbutanal in a heated extract of beef liver[J]. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 2009, 57(21): 9916—9922.
- [24] CHO I H, CHOI H K, KIM Y S. Difference in the volatile composition of pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.) According to Their Grades[J]. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 2006, 54(13): 4820—4825.

科技信息

高碳水化合物饮食可增大乳癌风险

近日,《American Journal of Clinical Nutrition》刊登一项最新研究指出,高碳水化合物饮食可增加老年女性罹患一种特殊乳癌的风险。

这项研究由“国际癌症研究中心”的 Isabelle Romieu 主持。它以近 33 万 5000 名欧洲女性作为研究对象,结果虽未证明甜食、薯条等会导致乳癌,但却指出这些均是乳癌的风险因素。

研究发现高“升糖负荷”饮食和一种较为特殊的乳癌有关,而这类饮食基本上是富含使血糖快速升高的食物,例如白面粉制成的加工食品、马铃薯和甜食。其中 1 万 1576 人在十多年间罹患乳癌。在饮食升糖负荷较高的前 20% 的人当中有 158 人罹患乳癌,比最低的后 20% 的人高出 36%。然而整体而言,升糖负荷与乳癌风险没有关联。

美国加州癌症预防学会研究科学家 Christina Clarke 指出,虽然还没有单一的因素被证实与乳癌风险相关,然而本次结果可指导人们均衡饮食,这包括限制碳水化合物的摄取,改吃更健康的食物,例如无脂肪的蛋白质、蔬菜、优质脂肪和高纤维谷物。

[信息来源]MediaCorp Press Ltd. High-carb diet tied to breast cancer risk [EB/OL]. (2012-7-27). <http://www.todayonline.com/World/EDC120727-0000083/High-carb-diet-tied-to-breast-cancer-risk>.