

生姜风味物质研究进展

吴贾锋 张晓鸣

(江南大学食品学院, 无锡, 214036)

摘 要 系统地阐述了3种生姜风味提取物——姜精油、姜辣素和油树脂的组成及特性;对生姜风味物质的构成,对影响生姜风味的几个因素—— γ -射线辐照、干燥、酶、提取溶剂、产地等进行了综述。

关键词 姜精油, 姜辣素, 姜油树脂

生姜 (*Zingiber officinale* Roscoe) 是世界上重要的调味品之一, 在亚洲、非洲、拉丁美洲等地都有种植。我国是世界上最大的生姜出口国之一, 每年的出口量为世界总出口量的40%以上。有关生姜风味物质的研究一直以来都是风味化学工作者研究的重点。经过近100年的研究, 目前人们对于生姜风味物质的组成已经有了一个比较明确的认识。文中系统地阐述了主要的3种生姜风味提取物——生姜精油、姜辣素、油树脂的组成及特性, 并对生姜风味物质的构成, 几个重要的影响因素进行了综述, 以反映目前人们对于生姜风味物质的研究进展。

1 生姜风味物质分析

生姜的组分比较复杂, 包括碳水化合物、蛋白质、维生素、矿物质、辛辣素、脂肪油和少量的挥发性油分。生姜风味的感官特性主要由2方面物质赋予: 姜精油和姜辣素, 姜精油是生姜中的挥发性油分, 它为生姜提供了香气和部分风味; 姜辣素不具有挥发性, 它为生姜提供了特征性的辛辣风味。

生姜的风味受到产地、干燥条件、酶、提取方法等多种因素的影响。有关生姜风味物质的化学成分比较具有代表性的研究为日本的 Osamu Nishimura^[4] 和我国的余珍^[5]。

Osamu Nishimura 采用 AEDA (aroma extract dilution analysis) 和改进的 GC-MS 对日本鲜姜的风味物质进行了分析, 发现主要的风味物质有芳樟醇、香叶醇、香叶醛、橙花醛、异冰片、冰片、桉树脑、2-松萜-5-醇、香叶醇醋酸酯、(E)-2-辛醇、(E)-2-癸烯醇、(E)-2-十二烯醇等。

我国余珍等人则分别对生姜的水蒸气蒸馏精油、冷榨油、超临界 CO₂ 萃取精油进行了气相色谱/质谱 (GC/MS) 分析, 定性定量地鉴定了水蒸气蒸馏油中

46个、冷榨油中50个、超临界 CO₂ 萃取油中61个成分。水蒸气蒸馏油的主要成分为: α -蒎烯(3.36%)、蒎烯(11.36%)、6-甲基-5-庚烯-2-酮(1.34%)、 β -水芹烯(16.27%)、柠檬醛(1.49%)、芳香-姜黄烯(4.19%)、 α -姜烯(34.63%)、 α -金合欢烯(5.97%)、 β -红没药烯(5.72%)、 β -倍半水芹烯(9.80%)。冷榨油的主要成分为: 癸醛(1.16%)、芳香-姜黄烯(8.66%)、 α -姜烯(28.68%)、 α -金合欢烯(6.68%)、 β -红没药烯(6.91%)、 β -倍半水芹烯(10.74%)、姜油酮(6.02%)、姜烯酮(8.48%)、4-(3-氧代-4-十二碳烯基)-2-甲氧基苯酚(姜油酮同系物)(1.66%)。超临界 CO₂ 萃取油的主要成分为: 己醛(1.51%)、柠檬醛(12.88%)、芳香-姜黄烯(2.24%)、 α -姜烯(25.56%)、 α -金合欢烯(6.22%)、 β -红没药烯(4.34%)、 β -倍半水芹烯(9.47%)、姜油酮(9.99%)、姜烯酮(8.54%)、4-(3-氧代十一烷基)-2-甲氧基苯酚(1.49%)、姜辣素(1.00%)。

目前人们已经发现对新鲜生姜呈香贡献最大的是系列的单萜类物质, 如香叶醇, 芳樟醇, 以及香叶醛等, 氧化倍半萜烯含量较少, 但是对生姜的风味特征贡献也比较大。对生姜呈现特征性辛辣风味的主要是一系列具有3-甲氧基-4-羟基苯基官能团的酚类、酮类物质。

2 生姜风味提取物

2.1 生姜精油

生姜精油是指采用水蒸气蒸馏的方法从生姜根茎中提取的挥发性油分, 几乎不含有高沸点成分。水蒸气蒸馏得到生姜精油的得率一般在1.5%~2.5%。生姜精油是一种透明、浅黄到橘黄可流动的液体, 折光率为1.488 0~1.496 0(20℃), 旋光性为280~450(20℃), 密度为0.871~0.882(20℃)。

目前已经发现生姜精油中含有100多种化学物质, 主要包括碳氢化合物、醇类、酶类、醛酮类等几大

第一作者: 硕士研究生。

收稿日期: 2004-12-06, 改回日期: 2005-03-09

组分。其中,倍半萜烯类碳水化合物为 50%~60%,氧化倍半萜烯类 17%,其余主要是单萜烯类碳水化合物和氧化单萜烯类。倍半萜烯类碳水化合物中, α -姜烯占主体(15%~30%), β -红没药烯(6%~12%)、芳基-姜黄(5%~19%)、 α -法呢烯(3%~10%)和 β -倍半水芹烯(7%~10%)也有一定的含量。除了橙花醛,低沸点的单萜烯含量通常较低,约为 2%。

生姜精油中的某些组分不稳定,在贮藏过程中会发生细微的变化,如其中的一些倍半萜烯类物质会转变成芳基-姜黄等,将导致生姜精油风味的变化^[1]。

2.2 姜辣素

姜辣素是指利用有机溶剂从提取过挥发油的生姜根茎中提取的不具有挥发性的油分。姜辣素是姜的主要辣味成分,是多种物质的混合物,其组成中均含有 3-甲氧基-4-羟基苯基官能团。根据该官能团所连接脂肪链的不同,可以把姜辣素分为 6 类:姜醇类(gingerols)、姜烯酚类(shogaols)、副姜油酮类(paradol)、姜酮类(zingerone)、姜二酮类(gingerdiones)、姜二醇类(gingediols)^[2]。

姜辣素的性质同样具有不稳定性,容易受到周围环境的影响而发生变化。如姜醇加热到 200℃ 以上时,则会发生逆羧醛缩合反应生成姜酮和相应的脂肪醛;姜醇、姜烯酚等在碱性水溶液中发生水解反应得到姜酮和相应的脂肪醛;姜醇在过氧酸(如过氧乙酸)存在的条件下,发生氧化水解反应。

2.3 生姜油树脂

生姜油树脂是指利用有机溶剂从生姜根茎中提取的油分,包括了生姜精油和姜辣素两类,是一种深琥珀色至深棕色的粘稠液体,几乎不溶于水,醇溶度也较低,静置后可产生粒状沉淀,折光率 1.488~1.498(20℃),旋光性 -300~-600(20℃)。姜油树脂的化学组成通常比较稳定,但其中姜辣素中的姜烯酚类物质化学性质不稳定,所以在贮藏过程中也会发生组分上的变化。目前获得生姜油树脂的常用方法有有机溶剂浸提法、压榨法和超临界 CO₂ 萃取法。超临界 CO₂ 萃取是一种新型的提取方法,条件温和,效率高,无残留,具有非常大的发展潜力。

目前生姜油树脂已经成为国际市场最重要的生姜提取物,对其的研究也是目前生姜深加工方向的重点。陈燕等人用超临界 CO₂ 萃取技术制备的姜油树脂为试材,采用管碟法结合 MIC 液体稀释法,对其抑菌性分别作了定性 & 定量研究^[3]。结果表明,姜油树脂对试验中几种测试菌均有不同程度的抑制作

用,尤其对真菌的抑制作用明显强于食品常用防腐剂山梨酸钾。

3 影响生姜风味的因素

3.1 γ -辐照

生姜受自身生理特性的影响,在贮藏过程中对于环境的湿度和温度都有严格的要求。当贮藏环境温度高于 15℃ 时生姜会抽芽生根,而低于 10℃ 就会发生冻害,严重影响其贮藏品质,降低食用价值和外观品质;另一方面,生姜喜湿,要求有较高湿度的贮藏环境,一般相对湿度在 95% 左右。利用 γ -射线辐照技术,可大大延长生姜的贮藏期。但是 γ -射线辐照也给生姜的风味物质的组成带来了一定的影响。

研究发现,照射可以导致不稳定的化合物分解生成一些更小的物质。此前 Lai 等人发现,在蘑菇中低剂量的照射可以增加挥发性物质的风味水平,而大剂量的照射则会降低挥发性物质的风味水平^[6]。Govindarajan 等人早在 1982 年就研究了 γ -射线辐照对生姜风味组成的影响,但是结果不够明确,Wu^[6]等人在 1994 年经过细致研究,描述了 γ -射线辐照对于生姜挥发性风味物质的影响。实验中他采用了 0.05kGy 剂量对新鲜生姜进行照射,照射后贮藏一段时间与没有经过照射的进行对比研究,照射后生姜中的挥发性风味物质变得不稳定,在贮藏过程中有一定的损失。贮藏 3 个月后,经过照射的生姜中的主要的风味物质如 α -姜烯、 α -香柠檬烯、橙花醛、香叶醛和 α -姜黄烯(curcumene)的含量和没有经过照射的相比都有明显下降,而橙花醛是生姜中经过照射后在贮藏中最不稳定的风味关键物质。

Variyar^[7]发现经过照射的生姜精油产率高于未经照射的,估计是由于照射破坏了生姜细胞的胞壁结构,使得细胞中的油分更容易渗透到外面来的缘故。试验中他采用的剂量是 0.05 kGy,发现经过照射后马上进行提取得到的生姜风味物质和未经过照射的生姜风味物质并没有组成上的差别。这和上面 Wu 的研究是相吻合的,可能是因为照射后的生姜中的某些风味物质的转化并不能立刻发生,需要一段时间,时间越长,转化率就越高。但是目前人们对于辐照对于生姜风味物质的作用机理换不太清楚,这是下一步相关研究的重点。

3.2 干燥

由于生姜的不耐贮藏性,人们常将鲜姜干燥,制成干姜。最近几年人们对于生姜在干燥过程中组分

变化以及鲜姜和干姜的成分、功能性方面的差别进行了相关的研究。

李计萍等人对鲜姜和干姜的化学成分进行了对比研究^[8]。首先发现干姜的总挥发油的含量低于鲜姜,结果如表1所示。利用GC-MS联用测定挥发油的组分。结果发现,鲜姜检测出77个峰,鉴定出37个成分,干姜检测出83个峰,鉴定出44个成分。从鉴定出的成分分析,干姜中有9个成分是鲜姜所没有的。这9个成分是2-庚醇、芳樟醇、松油烯-4-醇、 α -松油醇、香茅醇、 δ -榄香烯、橙花醇乙酸酯、异香橙烯、 β -桉叶油醇。鲜姜中有2个成分干姜中未检出,为 β -榄香烯和反,反-法呢醛。从相对百分含量来分析,干姜和鲜姜都有4组大峰,干姜和鲜姜都是茨烯含量最高, β -水芹烯次之, α -姜烯、 γ -衣兰油烯更次之。1,8-桉叶素的相对百分含量干姜比鲜姜高。同时研究发现,鲜姜中总姜酚含量比干姜高(结果见表2)。

表1 鲜姜与干姜中总挥发油含量测定结果¹⁾ %

样 品	鲜 姜	干 姜
1	0.35	0.08
2	0.27	0.15
3	0.28	0.16

1) 折干率约为10%,表2同。

表2 鲜姜与干姜中总姜酚含量测定结果 %

样 品	鲜 姜	干 姜
1	0.343 4	1.37
2	0.191 8	1.39
3	0.274 1	1.51

早期有关干燥对生姜的研究表明,干燥所导致单萜烯类和柠檬醛的倍半萜烯类物质数量的下降是由于这些物质具有挥发性的原因。最新的研究表明,远红外干燥在60℃可以较大的保留倍半萜烯姜烯、 β -倍半水芹烯、 β -红没药烯、 α -姜黄色素,而其中的姜辣素的含量也有一些变化,对于单萜烯类化合物却没有相应的研究结果^[9]。但是这些研究都是采用水蒸气蒸馏得到的挥发性化合物进行分析的,在这些研究中忽视了提取条件对于生姜组分的影响。生姜中的单萜烯类化合物和柠檬醛会在水蒸气蒸馏过程中容易发生变化,所以早期的研究是不全面的。

Bartley等人研究了新鲜澳大利亚黄姜和干燥制品的超临界CO₂萃取物组分上的差别^[9]。研究结果表明,干燥会导致姜醇含量的下降,而萜烯类碳水化合物的含量会有所增加,同时干燥还会导致一些单萜烯醇转化成相应的酯。

鲜姜和干姜组分上的差别也带来功能性上的差别。王春霞研究的结果证明,生姜在止呕、解热、解毒这3个方面的药效均明显强于干姜^[10],这种药效作用强度上的差异可能是鲜姜在干燥过程中挥发油的大量丢失所致。

3.3 酶

Wu等人于1990年首次发现了生姜中以糖苷形式存在的风味物质^[11],分析表明,糖苷中的配基主要是脂肪族的醇,单萜的醇、酸,乙醛。其中香叶醇是以自由态存在的风味物质中含量最高的。在研究中还发现,以键合态形式存在的风味物质主要是醇类,在这些以键合态形式存在的风味物质中 α -庚醇含量最高,一部分脂肪族的醇(2-戊醇、己醇、2-辛醇)也有少量存在。此外生姜中很多的风味物质(2,6-二羟基-3,7-辛二烯-1,6-二酚、2,6-二羟基-2,6-辛二烯-1,8-二酚、2-羟基-1,8-桉树脑等等)仅以键合态的形式存在。以键合态形式存在的顺式和反式的香叶酸在生姜中也首次被发现,这些酸可同糖反应形成酯,这些酯在酶的作用下或者在酸性环境下受热分解释放出自由态的酸。以键合态形式存在的一些醛类,如橙花醛、香叶醛、苯甲醛等也首次被发现。这些糖苷物在受热或经 β -糖苷酶作用会发生水解,释放出游离的生姜风味物质。

Chen和Ho曾经把用水蒸气蒸馏得到的生姜挥发油和用CO₂超临界萃取得到的精油进行对比研究,发现水蒸气蒸馏得到的挥发油中单萜烯和倍半萜烯的醇的含量要高于CO₂超临界萃取物中的含量^[12]。通过研究发现这是由于水蒸气蒸馏法的温度较高,而以键合态形式存在的风味物质受热发生了分解,导致单萜烯和倍半萜烯的醇含量增加。有关生姜中以键合态形式存在的风味物质的研究还证明了生姜中一些挥发性风味物质是由一些非挥发性的风味物质在酯酶的作用或者其他的化学作用下而产生的。

Youko等人从生姜中分离出了2种糖苷物,1-(4-O- β -D-glucopyranosyl-3-methoxyphenyl)-3,5-dihydroxy-decane,5-O- β -D-glucopyranosyl-3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-decane^[13]。将生姜制成了丙酮粉,对这些糖苷物进行培育,通过HPLC发现其水解的产物是姜二醇,结果表明这些糖苷物都是6-姜二醇的前体。

Sakamura经过研究发现,生姜中的香叶醛的含量在贮藏过程中会不断增加,相对的是香叶醇和香叶醇形成的酯的含量在贮藏过程中却不断下降^[14]。

Yoko 通过研究发现,生姜中的 ADH 在由香叶醇向香叶醛的氧化转变中起了重要的作用^[15],生姜中存在的这种氧化酶的活性在 pH>8.0 时较稳定,在 pH 9.0 时最稳定,而在 pH<7.0 时就会丧失活性。而且这种酶对于香叶醇具有最大的活性,对于橙花醇、香茅醇等底物的活性相对小得多。这些都表明生姜中的这种酶对于某些化合物具有独特的选择性,最终的研究表明在生姜中存在香叶醇脱氢酶,它以香叶醇为专一底物,以 NADP 为辅酶。

3.4 提取溶剂

分析数据表明,由于提取溶剂不同,各种提取物的主要成分及含量和功能性的都有较明显的差异^[3,16,17]。余珍等人发现,水蒸气蒸馏油主要含有单萜、倍半萜烯类化合物,还有 6-甲基-5-庚烯-2-酮、柠檬醛等,未见生姜的辣味成分,如姜油酮、姜烯酮、姜辣素及其同系物。这可能是加热蒸馏使这些成分被破坏。冷榨油与超临界 CO₂ 萃取油相比较主要是化学成分含量上的差异:冷榨油中倍半萜类化合物含量较高,为 61.67%,姜油酮等主要的辣味物质为 18.61%;而 CO₂ 萃取油,倍半萜类物质为 46.83%,辣味成分为 23.09%。冷榨油和超临界 CO₂ 萃取油都具有生姜的特征辛香气及辣味,质量明显好于蒸馏油,其中又以 CO₂ 萃取油为最好。

何文珊等人利用 GC-MS 方法从生姜的甲醇、乙酸乙酯和正己烷提取物中分别鉴定出了 35、36 和 44 个成分。研究显示,3 种有机溶剂提取物主要成分均为萜类化合物,但萜类含量各不相同。总萜类及倍半萜类成分的含量随提取溶剂极性增大而增多,单萜类成分则随提取溶剂极性增大而减少;具抗氧化活性的不饱和倍半萜成分随提取溶剂极性增大而增多,这就说明了生姜有机溶剂提取物的抗氧化活性随提取溶剂极性增大而增强的原因。

阎欲晓等人研究了采用几种溶剂并结合微波技术浸提生姜中的抗氧化物质,研究了不同溶剂提取物对猪油的抗氧化效果,发现其抗氧化性能大小排序为:乙醇提取物>乙醇微波提取物>乙酸乙酯提取物,正己烷提取物>丙酮根提取物。这和上面何文珊等人的研究结果是一致的。

3.5 产地

张卫明和姜洪芳等人采用高效液相色谱(HPLC)和气相色谱(GC)分别研究了 4 个地区(安徽铜陵、山东莱芜、湖南汝城、广州)生姜的丙酮回流提取-乙醚萃取物和 5 个地区(安徽铜陵、山东莱芜、山

东安丘、湖南汝城、广州)生姜直接水蒸气蒸馏-乙醚萃取物的指纹图谱^[18,19]。4 个地生姜的丙酮回流提取-乙醚萃取物中姜酚、姜烯酚、总姜辣素含量见表 3。由表 3 可以看出,不同产地的生姜的姜辣素含量和组成存在着较大的差异。5 个地区生姜的直接水蒸气蒸馏-乙醚萃取物的分析研究结果见表 4。研究发现不同地区生姜中挥发油的含量也存在较大差异。

表 3 四个地区生姜样品丙酮回流提取-乙醚萃取物中姜辣素含量的比较 %

样 品	姜 酚	姜烯酚	姜辣素含量	油树脂得率	姜辣素得率
山东莱芜	9.788 0	0.769 0	10.584	0.580	0.061 4
安徽铜陵	8.084 2	2.864 9	10.953 6	1.192	0.130 6
广 州	9.033 1	2.680 9	11.714	1.154	0.135 2
湖南汝城	9.902 0	1.558 3	11.460 3	0.852	0.097 6

表 4 五个产地生姜样品直接水蒸气蒸馏-乙醚萃取物的得率

样 品	山东莱芜	安徽铜陵	广 州	湖南汝城	山东安丘
得率/%	0.13	0.23	0.14	0.17	0.30

4 问题与展望

目前对于生姜风味的研究主要还是集中在生姜风味物质的鉴别和分析上,随着风味化学的不断发展和人们需求的增加,对于生姜风味物质的产生机理的研究已经变得非常重要,但是目前在这方面的研究并不多,有待于进一步拓展。此外尽快地建立一套生姜风味的质量评价体系对于目前的生姜加工和综合利用来说具有非常重要的价值,也是下一阶段研究的重点。

参 考 文 献

- 1 陈 燕,倪元颖,蔡同一.生姜提取物——精油与油树脂的研究进展[J].食品科学,2000,21(8):6~8
- 2 姜子涛,李 荣.姜辣素化学及其研究进展[J].食品研究与开发,1998,19(1):7~10
- 3 陈 燕,周希贵,李淑燕等.生姜油树脂的抗菌性研究[J].食品与发酵工业,2000,27(4):30~34
- 4 Osamu Nishimura. Identification of the characteristic odorants in fresh rhizomes of ginger(*Zingiber officinale*)using aroma extract dilution analysis and modified multidimensional gas chromatography-mass spectroscopy[J]. J Agric Food Chem, 1995,43: 2 941~2 945
- 5 余 珍,巫华美,丁定垠.生姜的挥发性化学成分[J].云南

- 植物研究,1998,20(1):113~118
- 6 Wu Jiajiu, Yang Jiuse. Effects of γ -irradiation on the volatile compounds of ginger rhizome (*Zingiber officinale* Roscoe) [J]. J Agric Food Chem, 1994, 42: 2 574~2 577
 - 7 Variyar S, Gholap A S, Thomas P. Effects of γ -irradiation on the volatile constituents of fresh ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) [J]. Food Research International, 1997, 30, 1: 41~43
 - 8 李计萍, 王跃生, 马 华等. 干姜与生姜主要化学成分的比较研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(11): 748~751
 - 9 John P Bartley, Amanda L Jacobs. Effects of drying on flavor compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). J Sci Food Agric, 2000, 80: 209~215
 - 10 王春霞, 刘 杰. 比较生姜与干姜的药理活性[J]. 中华医学写作杂志, 2003, 10(8): 769~770
 - 11 Wu Ping, Kuo MayChien, Ho ChiTang. Glycosidically bound aroma compounds in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). J Agric Food Chem, 1990, 38: 1 553~1 555
 - 12 Chen C C, Ho C T. Gas chromatographic analysis of volatile components of ginger oil extracted with liquid carbon dioxide [J]. J Agric Food Chem, 1988, 36: 322~328
 - 13 Youko Sekiwa, Kikue Kubota, Akio Kobayashi. Isolation of novel glucosides related to gingerdiol from ginger and their antioxidative activities [J]. J Agric Food Chem, 2000, 48: 373~377
 - 14 Sakamura F. Changes in volatile constituents of *Zingiber officinale* rhizomes during storage and cultivation [J]. Phytochemistry, 1987, 26: 2 207~2 212
 - 15 Yoko Sekiwa-Iijima, Yoko aizawa, Kikue Kubota. Gerniol dehydrogenase activity related to aroma formation in ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) [J]. J Agric Food Chem, 2001, 49: 5 902~5 906
 - 16 何文珊, 李 琳, 李 炎等. 生姜不同有机溶剂提取物的 GC-MS 分析[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(2): 154~158
 - 17 阎欲晓, 周文红. 提取溶剂对生姜抗氧化性能影响的研究 [J]. 广州食品工业科技, 17(4): 4~6
 - 18 张卫明, 姜红芳, 张 玖. 不同居群生姜呈香部位的气相色谱指纹图谱研究[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(5): 53~55
 - 19 姜红芳, 张 玖, 张卫明. 生姜辛辣部位的高效液相色谱 (HPLC) 指纹图谱研究[J]. 中国野生植物资源, 2003, 22(5): 56~58

Advances on the Research Flavor Compounds in Ginger

Wu Jiafeng Zhang Xiaoming

(School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi, 214036, China)

ABSTRACT The extracts of three kinds of ginger (ginger essential oil, gingerols, ginger oleresins) were described; the flavor compounds in ginger and the effects on flavor compounds in ginger such as like γ -irradiation, drying, enzymes, and extracted solvent were summerized.

Key words ginger essential oil, gingerols, ginger oleresins, effects

行业动态

2005 年中国工业微生物研讨会召开

值“十五”即将结,“十一五”即将到来之际,结合国家发展规划,“2005 年中国工业微生物学术研讨会”于 2005 年 4 月 23~25 日在天津成功举办。这次研讨会由中国微生物学会工业微生物专业委员会主办,天津科技大学、天津市微生物学会承办。与会的国内工业微生物领域的专家、研究人员及相关企业共同探讨了合作与发展,总结了近年来我国工业微生物技术及其产品研究中取得的巨大成就,分析了我国在这一领域中与国外先进水平的差距,为今后工业微生物技术的快速发展奠定了基础。

这次大会共收集论文 168 篇,内容主要包括近年来国内外工业微生物发展概况及前景分析、工业微生物育种、微生物代谢工程、发酵下游产品的分离提取技术以及新技术、新工艺和新装备在微生物发酵生产中的应用。大会组委会从中评选出优秀论文 20 篇,在征得文章作者的同意后,它们将被安排在《食品与发酵工业》专栏内陆续发表。