

强脉冲电场处理对花生油品质的影响^{*}

曾新安 资智洪 杨连生

(华南理工大学 轻工研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 采用强脉冲电场(电场强度 0~50 kV/cm)处理花生油,分别测定了不同贮藏期花生油酸价、过氧化值和羰基价的变化情况,同时采用 GC-MS 以及 GC 对脂肪酸进行定性和定量分析.结果表明:强脉冲电场处理后,花生油的酸价及过氧化值随电场强度的增加而增大,羰基价无明显变化;在贮藏期油样发生氧化酸败,各值随贮藏时间的延长而不断增加,强脉冲电场处理有效降低了其氧化速率.强脉冲电场处理对花生油的成分有一定影响,超过 40 kV/cm 的电场处理能一定程度上保留脂质中的不饱和脂肪酸及营养价值.

关键词: 强脉冲电场;花生油;脂肪酸;品质;氧化

中图分类号: TS252

文献标识码: A

强脉冲电场处理技术(简称 PEF 技术)是近年来液态食品非热灭菌领域研究热点之一.目前国内外研究者对 PEF 技术的应用研究主要集中在灭菌灭酶效果及对食品中蛋白质、氨基酸、维生素以及挥发性物质的影响等方面^[1-5].关于 PEF 处理对脂肪酸的影响及其机理的研究报道较少,最近的报道是关于脂质成分的提取^[5-6].在 PEF 处理系统中,由于高压电脉冲直接作用在液态物料上,强电流通过电极流经液体表面从而发生一系列电化学反应,中间产物包括 e⁻(溶剂化电子)、自由基、电极材料溶出物等^[7],这些物质均可能对脂质的品质产生影响.

油脂是人类七大营养素之一,是很好的热能营养素,在人体内具有重要的生理功能.在脂质的各项品质指标当中,影响与变化较大的就是脂质的氧化问题.脂质在温度、氧、光、自由基、金属等因素的作用下,会逐渐氧化而变质酸败.油脂氧化产物会对其风味、色泽以及组织产生不良的影响,从而缩短货架期,降低油脂的营养品质.同时,脂质过氧化还会对膜、酶、蛋白质造成破坏,甚至可以致癌.脂质氧化反应无论在生命科学领域,还是在食品科学领域都十

分重要,它和人体衰老及食品的食用安全性密切相关.超声波、微波、电磁波以及辐照等物理场处理对油脂品质和脂肪酸含量的影响已有相关研究^[8-11].物理场作用下油脂分子中发生复杂的变化,如刘国琴等^[8]研究发现经超声作用后花生油中 C_{24:0} 的含量增多.

本文采用自行研制的强脉冲电场发生装置对花生油进行处理,研究强脉冲电场对花生油贮藏期脂肪酸组成及其理化性质的影响,并分析了 PEF 对脂质氧化历程的影响.

1 材料与方法

1.1 主要材料与仪器

金龙鱼花生油,市售,2.5L 塑料瓶装;

强脉冲电场处理设备,自行设计研制的连续处理装置,电场强度 0~60 kV/cm 连续可调.图 1 所示为本研究所用的平行板电极、电场集中型处理室,电极材料为铜,绝缘部分为聚四氟乙烯,波形为平方波.处理区小孔直径为 3mm,处理室容积为 2.2mL.

气-质联用色谱,美国安捷伦 6890/5975;气相

收稿日期: 2008-01-16

*基金项目:“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD05A02);广东省科技计划项目(2007B080401010)

作者简介:曾新安(1972-),男,博士,副教授,主要从事食品绿色加工方面的研究. E-mail: xazeng@scut.edu.cn

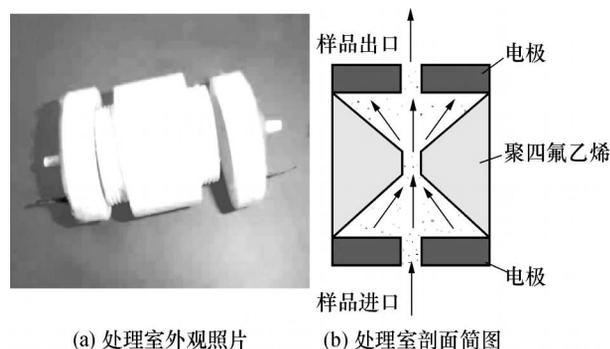


图1 处理室结构示意图

Fig 1 Sketch map of the treatment chamber

色谱仪,美国安捷伦 6890,带 FD 检测器;紫外-可见分光光度计,北京 TU-1810.

1.2 样品处理

油样被泵送到整个处理系统,进行连续处理.分别经电场强度为 0、20、30、40 及 50 kV/cm 的电场处理.脉冲频率为 1.01 kHz,脉冲宽度 40 μ s,流速为 25 mL/min,总脉冲处理时间为 213 ms.

将每个电场强度下处理后的样品分装进 7 个 15 mL 的白色不透明具塞橡胶管,按贮藏 1、15、30、45、60、80 及 100 天做好标记.每个条件重复 2 组平行样.装样量尽量接近橡胶管管口,以减少管内残留氧气,加塞并外加胶布封口.40 $^{\circ}$ C 恒温箱中避光保存.

1.3 测定方法

1.3.1 花生油脂肪酸组成的测定

甲酯化方法 精确量取 0.2 mL 花生油样品于 50 mL 的圆底烧瓶中,加入 3 mL 0.5 mol/L 的 KOH 甲醇溶液,70 $^{\circ}$ C 水浴加热回流 10 min;取出冷却至室温,加入 5 mL 三氟化硼溶液,70 $^{\circ}$ C 水浴加热回流 5 min;取出冷却至室温,加入 3 mL 正己烷,70 $^{\circ}$ C 水浴加热回流 5 min;取出冷却至室温,加入适量饱和食盐水溶液,静置 3~5 min,取上层油样 1 mL 于试样瓶中,进行 GC/MS 或 GC 分析. GC 分析时以 $C_{17:0}$ 脂肪酸 (Sigma 公司) 为内标,在油样皂化前加入.

GC/MS 条件 DB-FFAP 石英毛细管柱 (30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μ m);程序升温,150 $^{\circ}$ C 保持 3 min,5 $^{\circ}$ C/min 升温至 220 $^{\circ}$ C,保持 10 min;载气为高纯氢气 (纯度 99.999%),流速 1.0 mL/min.采用分流进样,分流比为 50:1,进样量 0.2 μ L.电子电离 (EI) 离子源,电离能量为 70 eV;GC/MS 界面温度 250 $^{\circ}$ C,进样口温度 230 $^{\circ}$ C;质量扫描范围为 33~500 u;溶剂延迟 3.00 min.

GC 条件 色谱柱及程序升温同上;进样口温度 250 $^{\circ}$ C,检测器温度 300 $^{\circ}$ C;气体流速:氮气 40 mL/min,氢气 40 mL/min,空气 45 mL/min,分流比 30:1;柱前压 25 kPa;进样量 1 μ L.

1.3.2 花生油理化性质的测定

酸价 (AV) 的测定 按 GB/T 5009.37—2003 进行,以中和 1.0 g 油脂所含游离脂肪酸所需氢氧化钾的毫克数计, mg/g.

过氧化值 (PV) 的测定 按 GB/T 5009.37—2003 进行,油脂氧化过程中产生过氧化物,与碘化钾作用,生成游离碘,以硫代硫酸钠溶液滴定,计算过氧化值, meq/kg.

羰基价 (CGV) 的测定 按 GB/T 5009.37—1996 进行,羰基化合物和 2,4-二硝基苯胺的反应产物,在碱性溶液中形成褐红色或酒红色,在 440 nm 波长下,测定吸光度,从而计算出油样中的总羰基价, mmol/kg.

2 结果与分析

2.1 强脉冲电场处理对花生油脂肪酸组成的影响

经 GC/MS 检测后,共检测出 8 种主要脂肪酸:棕榈酸 ($C_{16:0}$)、硬脂酸 ($C_{18:0}$)、油酸 ($C_{18:1}$)、亚油酸 ($C_{18:2}$)、花生酸 ($C_{20:0}$)、花生一烯酸 ($C_{20:1}$)、山萘酸 ($C_{22:0}$) 以及木焦油酸 ($C_{24:0}$),脂肪酸碳链越长出峰越晚,碳链相同则不饱和度高的出峰晚.以 $C_{17:0}$ 为内标确定各脂肪酸的含量如表 1 所示.100 mg 花生油中各饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸的含量及其比值如表 2 所示.

从表 2 中不同处理条件下各脂肪酸含量的变化可以看出,经电场强度为 50 kV/cm 的 PEF 处理后,刚处理完的 100 mg 花生油中的不饱和脂肪酸含量降低了 1.78 mg,而饱和脂肪酸含量增加了 1.34 mg,其营养价值略有下降^[12].其中 $C_{18:1}$ 、 $C_{18:2}$ 以及十八碳以上的脂肪酸含量下降,这可能是由于 PEF 处理所致,瞬时温升 ($t < 20$ $^{\circ}$ C) 影响了油脂的稳定性^[13],脂肪酸尤其是不饱和脂肪酸降解.而不饱和脂肪酸过多摄入可致冠心病、癌症、糖尿病及高血压等疾病.油脂在贮藏期发生氧化酸败,脂肪酸含量均有所下降,营养价值降低.未经电场处理的油样经避光 40 $^{\circ}$ C 恒温贮藏 100 天后,其不饱和脂肪酸含量降低了 8.72 mg,饱和脂肪酸含量降低了 1.74 mg;经 20、30、40 及 50 kV/cm 电场处理后,不饱和脂肪酸含量分别降低了 8.80、8.91、5.79 和 3.95 mg,饱和脂

表 1 PEF处理对花生油脂肪酸成分的影响¹⁾

Table 1 Influence of PEF treatments on fatty acid composition of peanut oil

脂肪酸成分	含量 /mg						
	0 kV/cm,	50 kV/cm,	0 kV/cm,	20 kV/cm,	30 kV/cm,	40 kV/cm,	50 kV/cm,
	40 ,0 d ²⁾	40 ,0 d ²⁾	40 ,100 d ²⁾				
C _{16 0}	10.04 ±0.51	10.34 ±0.58	9.09 ±0.51	9.20 ±0.48	9.21 ±0.53	9.61 ±0.53	9.67 ±0.55
C _{18 0}	2.62 ±0.28	2.84 ±0.19	2.57 ±0.16	2.63 ±0.17	2.53 ±0.13	2.72 ±0.17	2.76 ±0.22
C _{18 1}	39.53 ±2.14	38.44 ±2.02	34.71 ±2.43	34.72 ±1.78	34.56 ±2.01	36.67 ±1.94	37.67 ±2.03
C _{18 2}	30.00 ±1.49	29.39 ±1.58	26.06 ±1.52	26.11 ±1.85	26.04 ±1.46	27.04 ±1.47	27.86 ±1.46
C _{20 0}	1.22 ±0.09	1.21 ±0.07	1.09 ±0.08	1.07 ±0.10	1.12 ±0.14	1.20 ±0.17	1.33 ±0.12
C _{20 1}	0.81 ±0.12	0.73 ±0.13	0.85 ±0.13	0.71 ±0.06	0.83 ±0.11	0.84 ±0.11	0.86 ±0.07
C _{22 0}	2.25 ±0.12	2.14 ±0.23	2.14 ±0.21	2.10 ±0.12	1.97 ±0.20	1.89 ±0.11	1.95 ±0.12
C _{24 0}	2.00 ±0.19	1.94 ±0.16	1.50 ±0.14	1.74 ±0.15	1.96 ±0.10	1.05 ±0.12	1.18 ±0.09

1)表中数据以每 100mg花生油中所含该物质的质量计; 2)表示处理条件.

表 2 PEF处理对花生油脂肪酸含量的影响

Table 2 Influence of PEF treatment on fatty acid content of peanut oil

脂肪酸种类	含量 /mg							
	0 kV/cm,	50 kV/cm,	0 kV/cm,	20 kV/cm,	30 kV/cm,	40 kV/cm,	50 kV/cm,	
	40 ,0 d ²⁾	40 ,0 d ²⁾	40 ,100 d ²⁾					
饱和脂肪酸 (UFA)	18.13	18.47	16.39	16.74	16.79	16.47	16.89	
单不饱和脂肪 (MUFA)	40.34	39.17	35.56	35.43	35.39	37.51	38.53	
多不饱和脂肪 (PUFA)	30.00	29.39	26.06	26.11	26.04	27.04	27.86	
SFA MUFA PUFA	1 2 23 1.65	1 2 12 1.59	1 2 17 1.59	1 2 12 1.56	1 2 11 1.55	1 2 28 1.64	1 2 28 1.65	
UFA /FA ¹⁾	79.51%	78.78%	78.98%	78.62%	78.53%	79.67%	79.72%	
营养价值 (C _{18 1} + C _{18 2}) / C _{16 0}	6.93	6.56	6.69	6.61	6.58	6.63	6.78	

1) FA是指脂肪酸; 2)表示处理条件.

脂肪酸含量降低了 1.39、1.34、1.66和 1.24mg 这就表明,与未经电场处理的花生油相比较,经一定电场强度 (40 kV/cm)的 PEF处理后,贮藏期其脂肪酸成分变化较小,即花生油中的脂肪酸氧化或酸败速率降低.

强脉冲电场作用下,花生油受电流效应、电场效应和电解效应影响.带电基团或离子定向运动,形成电流,这将带来瞬时升温,电流效应使油脂发生一定的酸败.而受强电场影响,脂质分子会诱变成偶极子,电偶极子沿电磁场的方向取向.同时电极附近介质中的电解质电离产生新的带电基团或离子,这些基团或离子在强电场作用下极为活跃,剧烈运动.从而电场效应和电解效应将影响油脂的自动氧化过程.本研究中,经强脉冲电场作用后,花生油中的脂肪酸氧化或酸败速率降低,其原因可能是电解效应产生的新的带电基团或离子在电场中剧烈运动,与油脂自动氧化链反应中的自由基相互作用,自由基数量减少,使自动氧化减缓,终止自动氧化中的链锁反应,因此起到了抑制油脂氧化的作用^[14-15].

不同电场强度处理的油样经 100天贮藏后脂肪酸含量变化如图 2所示.由图 2可见,经电场处理后饱和脂肪酸含量变化不大;电场强度小于 40 kV/cm 的 PEF处理对油脂的不饱和脂肪酸含量影响不大;大于 40 kV/cm 的 PEF处理能一定程度地保留脂质中不饱和脂肪酸,经其处理后不饱和脂肪酸含量相对于未经电场处理的油样多 2.93mg (40 kV/cm) ~ 4.77mg (50 kV/cm).

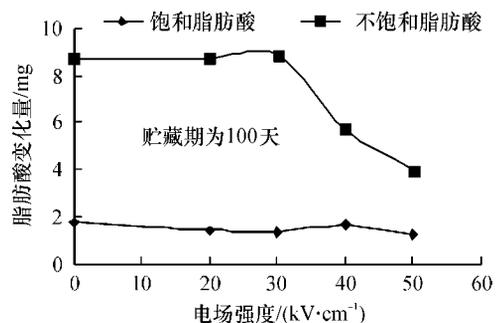


图 2 PEF处理后花生油脂肪酸含量的变化

Fig 2 Change of fatty acids content of peanut oil after PET treatments

2.2 强脉冲电场处理对花生油理化性质的影响

GB1534—2003规定花生油食用卫生标准为:酸价 4mg/g,过氧化值 15meq/kg,羰基价 40mmol/kg 原油样的酸价为 0.58mg/g,过氧化值为 4.8meq/kg,羰基价为 1.491mmol/kg,符合食用油国家标准。

2.2.1 电场处理后花生油理化性质的变化

不同电场条件处理后油样的酸价、过氧化值及羰基价的变化情况如表3所示。经电场处理后,AV及PV随电场强度的增大而增大,其增加值分别在0.02~0.13mg/g及1.40~6.69meq/kg之间,而CGV无显著变化。这是因为,随着电场强度的增大处理室内温度不断升高,由室温(23±0.5)升至(43±0.5),温度升高使不饱和脂肪酸氧化生成过氧化物,同时少量脂质降解产生游离脂肪酸。

表3 PEF处理对花生油性质的影响

电场强度 / (kV·cm ⁻¹)	t/ /	AV / (mg·g ⁻¹)	PV / (meq·kg ⁻¹)	CGV / (mmol·kg ⁻¹)
0	23.5 ±0.5	0.58	4.80	1.491
20	27.5 ±0.5	0.60	6.20	1.493
30	32.5 ±0.5	0.60	8.43	1.492
40	38.5 ±0.5	0.63	10.10	1.489
50	43.5 ±0.5	0.71	11.49	1.497

2.2.2 贮藏期花生油性质的变化

2.2.2.1 贮藏期花生油酸价的变化

经电场处理的花生油贮藏100天后其酸价的增加值如图3所示。

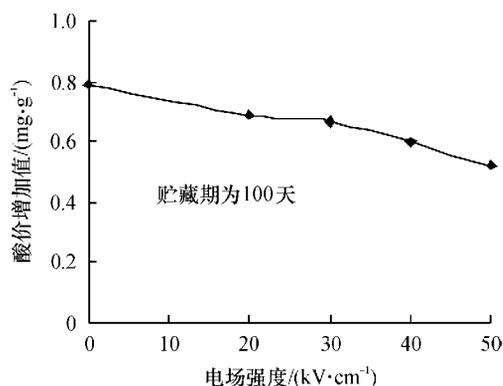


图3 PEF处理对花生油酸价的影响

Fig 3 Influence of PEF treatments on AV of peanut oil

由图3可见,未经电场处理的油样经过100天的贮藏后,其酸价增加了0.79mg/g。此酸价的增大与40℃贮存温度有较大关系,有文献报道,油温在

20~60℃范围内,温度每增加15℃,油脂氧化速度增加一倍。40℃的贮藏温度使花生油样酸败降解产生了游离的脂肪酸。而经20~50kV/cm的电场处理后,油样酸价增加值在0.52~0.69mg/g之间,增加值与电场强度成反比,且都小于未经电场处理样。这也就是说,经电场处理后油样酸败速率下降。

同时,实验测得放置100天后油样的酸价在1.23~1.37mg/g之间,符合国家食用标准。这就表明油脂降解产生游离的脂肪酸不是该条件下油脂酸败的主要表征指标。

2.2.2.2 过氧化值随电场强度的变化

在油脂的氧化过程中,首先要经历一个诱导期。诱导期的氧化过程是从不饱和脂肪酸的自由基反应开始的,生成的第一级产物为氢过氧化物。PEF处理后花生油样的过氧化值在贮藏期的变化情况如表4所示。

表4 PEF处理后花生油过氧化值的变化

电场强度 / (kV·cm ⁻¹)	即时测定	PV / (meq·kg ⁻¹)							
		1 d ¹⁾	15 d ¹⁾	30 d ¹⁾	45 d ¹⁾	60 d ¹⁾	80 d ¹⁾	100 d ¹⁾	
0	4.80	7.57	13.15	20.20	32.33	39.10	46.15	54.55	
20	6.20	6.17	11.06	17.73	26.80	36.98	42.81	51.85	
30	8.43	4.46	10.41	17.54	26.30	35.34	42.17	51.29	
40	10.10	3.91	9.35	13.68	23.60	32.69	40.66	48.83	
50	11.49	4.97	9.80	15.42	23.90	33.67	38.03	49.83	

1)表示贮藏时间。

由表4可见,贮藏1天后,经电场处理后的油样的过氧化值有所回落,这可能是由于PEF处理后的电化学反应产生了自由基,这些活性基团消耗了部分氢过氧化物。在此之后,过氧化值随贮藏时间的延长而增大。未经电场处理的油样40℃下贮藏30天后其过氧化物含量已超过食用植物油的国家标准,而电场处理后的油样的过氧化值超标所需时间被延长,即PEF处理一定程度上降低了油脂氧化酸败速率,40kV/cm的电场处理影响最为显著。

随着贮藏时间的延长,油样的过氧化值稳定增长,其增幅与是否受电场处理以及施加的电场强度关系不大。如将同一电场条件处理后贮藏1天的油样与贮藏100天的油样的过氧化值比较,其增加值在(45.85±1.13)meq/kg之间。这可能是因为,一段时间以后,PEF处理所产生的活性基团被消耗,此时油样的过氧化值的变化只受贮藏环境以及时间的影响。即PEF产生的自由基对油脂的自动氧化链的

影响是一个短时间的作用,这也符合自由基的特性——短寿命和微量性。

2.2.2.3 羰基价随电场强度的变化

一级氧化产物 ($R-CH_2OOH$, 氢过氧化物) 会进一步分解和氧化 (主要发生在诱导期之后的氧化期), 使少量的油脂发生分解, 产生低分子量的物质, 如醛、酮等, 因此 CGV 是反映油脂氧化中后期的指标。贮藏 100 天后未经电场处理以及各个不同电场条件处理后油样羰基价的增加值如图 4 所示。

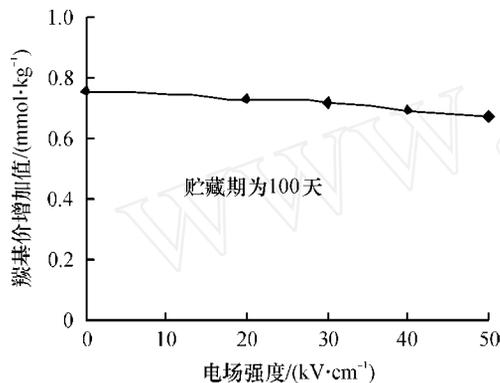


图 4 PEF处理对花生油羰基价的影响

Fig 4 Effects of PEF treatments on CGV of peanut oil

由图 4 可见, 羰基价增加值在 0.674~0.758 mmol/kg 之间, 增幅随电场强度增大而减小。相比于原油样, 羰基价最大增幅为 50.84% (未经电场处理样)。而过氧化物含量从原油样的 4.80 meq/kg 增至 49.8~354.55 meq/kg, 羰基化合物的增加与氧化不呈线性关系。这说明油样还停留在氧化反应诱导期, 生成氢过氧化物是主要反应, 酸败反应是次要的^[16]。

3 结论

油脂在贮藏期发生自动氧化酸败。相对于未处理样, 经电场处理后油脂在贮藏期累积的酸败产物较少, 脂肪酸成分变化较小, PEF 处理实际上降低了油脂的氧化速率。贮藏 100 天, PEF 处理对花生油中饱和脂肪酸的含量无显著影响; 电场强度小于 40 kV/cm 的 PEF 处理对油脂的饱和脂肪酸含量影响不大; 大于 40 kV/cm 的电场处理能一定程度地保留脂质中不饱和脂肪酸及其营养价值; 但电场强度大于 50 kV/cm 时, PEF 处理带来的温升超过 20℃, 这会使油脂的过氧化值直接超标。贮藏期内, 油脂的酸价及羰基价缓慢增大, 但过氧化值发生变异增长, 产生 $R-CH_2OOH$ 的一级氧化反应是最主要的反应, 酸败反应是次要的。油脂的酸败主要是由自动氧化引

起的, 而自动氧化是一个自由基的反应历程, PEF 处理对油脂氧化历程的影响机理还需进一步探讨。

参考文献:

- [1] Li Y Q, Chen Z X, Mo H Z Effects of pulsed electric fields on physicochemical properties of soybean protein isolates [J]. Lebensmittelwissenschaft and Technologie, 2006, 40 (7): 1167-1175.
- [2] 张铁华, 殷涌光, 刘静波. 高压脉冲电场 (PEF) 对蛋清蛋白功能特性的影响 [J]. 食品科学, 2007, 28 (9): 98-102
Zhang Tie-hua, Yin Yong-guang, Liu Jing-ba Effects of high intensity pulsed electric fields on functional properties of egg albume [J]. Food Science, 2007, 28 (9): 98-102
- [3] Aguilar Rosas S F, Ballinas Casarrubias M L, Nevarez Moorillon G V, et al Thermal and pulsed electric fields pasteurization of apple juice: effects on physicochemical properties and flavor compounds [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 83 (1): 41-46
- [4] Cortés C, Esteve M J, Rodrigo D. Changes of color and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices [J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44 (11): 1932-1939.
- [5] Garde Cerdán T, Arias Gil M, Marsellés Fontanet A R, et al Effects of thermal and non-thermal processing treatments on fatty acids and free amino acids of grape juice [J]. Food Control, 2007, 18 (5): 473-479.
- [6] Guderjan M, Elez-Martínez P, Knorr D. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2007, 8 (1): 55-62
- [7] Morren J, Roodenburg B, Haan S W H de, et al Electrochemical reactions and electrode corrosion in pulsed electric field (PEF) treatment chambers [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2003, 4 (3): 285-295.
- [8] 刘国琴, 李琳, 胡松青, 等. 功率超声和微波处理对花生油脂肪酸组成的影响 [J]. 中国油脂, 2005, 30 (7): 46-47.
Liu Guo-qin, Li Lin, Hu Song-qing, et al Effect of high power ultrasonic and microwave on fatty acid composition of peanut oil [J]. China Oils and Fats, 2005, 30 (7): 46-47.
- [9] Chenat F, Grondin I, Costes P. High power ultrasound effects on lipid oxidation of refined sunflower oil [J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2004, 11 (5): 281-285.

- [10] Maranesi M, Bochicchio D, Montella L, et al. Effect of microwave cooking or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values in separable lean from lamb rib-loins, with emphasis on conjugated linoleic acid [J]. *Food Chemistry*, 2005, 90 (1/2): 207-218.
- [11] 陈云堂, 毕艳兰, 胡秀菊, 等. 辐照及贮藏条件对食品脂肪氧化影响的研究 [J]. *中国粮油学报*, 2001, 16 (3): 18-21.
Chen Yun-tang, Bi Yan-lan, Hu Xiu-ju, et al. Effects of radiation and preservation conditions on lipid oxidation of foods [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2001, 16 (3): 18-21.
- [12] Rosario Ramírez M, Ramón Cava. Changes in color, lipid oxidation and fatty acid composition of pork loin chops as affected by the type of culinary frying fat [J]. *Lebensmittel-wissenschaft and Technologie*, 2005, 38 (7): 726-734.
- [13] Moya Moreno M C M, Mendoza Olivares D, Amézquita López F J, et al. Analytical evaluation of polyunsaturated fatty acids degradation during thermal oxidation of edible oils by Fourier transform infrared spectroscopy [J]. *Talanta*, 1999, 50 (2): 269-275.
- [14] 唐以德, 唐雪蓉. 电场抑制食用油脂氧化劣变新技术的研究 [J]. *郑州粮食学院学报*, 1994, 15 (3): 31-35.
Tang Yi-de, Tang Xue-rong. New approach to restrain edible oils from oxidation with aid of electric field [J]. *Journal of Grain College*, 1994, 15 (3): 31-35.
- [15] 何东平, 胡传荣, 方立中. 油脂磁化性质的研究 [J]. *中国油脂*, 1998, 23 (3): 45-49.
He Dong-ping, Hu Chuan-rong, Fang Li-zhong. Studies on oil magnetization characteristic [J]. *China Oils and Fats*, 1998, 23 (3): 45-49.
- [16] 周华龙, 张新申, 蒋小萍, 等. 不饱和油脂氧化机理的研究与技术开发 () [J]. *中国皮革*, 2003, 32 (11): 26-30.
Zhou Hua-long, Zhang Xin-shen, Jiang Xiao-ping, et al. Study of oxidating mechanism and development of technology about the unsaturated lipoids () [J]. *China Leather*, 2003, 32 (11): 26-30.

Effect of High-Intensity Pulsed Electric Field Treatment on Quality of Peanut Oil

Zeng Xin-an Zi Zhi-hong Yang Lian-sheng

(Research Institute of Light Industry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, Guangdong, China)

Abstract: High-intensity pulsed electric field (PEF) with the intensity of 0 ~ 50 kV/cm was adopted to treat peanut oil samples to reveal the variations of acid value (AV), peroxide value (PV) and carbonyl group value (CGV) with storage periods. Then, GC-MS and GC were used to qualitatively and quantitatively analyze the fatty acid in the samples. The results indicate that both the AV and the PV increase with the electric intensity, while the CGV has no significant change, that there occurs an oxidative rancidity during the storage, followed by gradually increasing AV, PV and CGV, that PEF treatment effectively reduces the oxidation rate, and that when the electric intensity is more than 40 kV/cm, the unsaturated fatty acids and nutritional value of peanut oil can be effectively reserved due to the composition change of peanut oil caused by PEF treatment.

Key words: high-intensity pulsed electric field; peanut oil; fatty acid; quality; oxidation