

王照琪,冯蕊,仲崇山,等. 不同冷等离子处理对鲜切猕猴桃保鲜效果的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):211-214.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.050

不同冷等离子处理对鲜切猕猴桃保鲜效果的影响

王照琪,冯蕊,仲崇山,孙小燕,关新星,杨波

(中国农业大学信息与电气工程学院,北京 100083)

摘要:以鲜切猕猴桃为试材,研究介质阻挡放电、滑动电弧放电形成的冷等离子体液相或气相处理对猕猴桃果实外观、可滴定酸含量、可溶性固形物含量及硬度的影响,并分析其对鲜切猕猴桃果实的保鲜作用。结果表明,鲜切猕猴桃经介质阻挡放电或滑动电弧放电形成的冷等离子体液相或气相处理,其外观保持在72 h以上;等离子体液相或气相处理对鲜切猕猴桃有较好的保鲜效果,其较为适宜的参数为放电电源25 kV、8 kHz,处理时间为15 min。

关键词:冷等离子体;介质阻挡;滑动电弧;保质期;保鲜效果;猕猴桃

中图分类号:TS255.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)22-0211-04

在环保、可行性上,化学、生物技术应用于果蔬保鲜存在一定劣势,而以等离子技术为基础的物理方法则显现出较强的优势,既对果蔬有一定的生理调控作用,又对病害有一定的抑制和防治作用。等离子体是不同于固体、液体和气体的物质第四态,高频电场通过无声放电可以产生等离子气流,使高能分子与工作气体分子碰撞发生一系列物理、化学反应,并将气体激活生成抗微生物的活性自由基粒子以撞击、杀灭果蔬表面附着的细菌等微生物,同时可与微生物发生氧化反应产生CO₂和H₂O,抑制微生物的呼吸作用,延长果蔬保鲜时间^[1-3]。

低温等离子体对残留农药的降解效果尤为显著,同时可清除乙烯、乙醇等会对果蔬保鲜效果造成不利影响的代谢物,诱导果蔬气孔减小,降低果蔬呼吸作用强度,对细菌、真菌类病害有较强的防除作用,对病毒的增殖也有一定的抑制作用^[4-6]。目前,对低温等离子技术在果蔬保鲜方面的研究相对较多。Kim等研究证实,冷等离子技术在水果保鲜方面能够发挥作用^[7-8];Lee等研究发现,低温等离子处理是一种有效的非热能食品加工手段,对果蔬保鲜有积极作用^[9];Ramazzina等研究表明,冷等离子处理可以有效延缓鲜切猕猴桃的腐败时间^[10];Tappi等研究证明,使用低温等离子技术处理哈密瓜、菊苣切片等材料,与对照相比,试验组的储存时间明显变长,而品质及外观变化十分微小,几可忽略^[11-15];冯磊等对刺五加、刺嫩芽的研究表明,等离子低温处理的最佳保鲜条件为预冷2 h、等离子浓度2 psc、臭氧浓度15%、温度3℃^[16]。国内外研究现状表明,低温等离子技术发展速度很快,潜在市场巨大,但技术手段尚不成熟,仍处于试验研究阶段,在果蔬保鲜的市场化应用方面还存在很大的改善

收稿日期:2017-06-19

基金项目:教育部基本科研业务费项目(编号:2016jk005)。

作者简介:王照琪(1997—),女,吉林白山人,从事等离子研究。

E-mail:seven3895qq@cau.edu.cn。

通信作者:仲崇山,博士,副教授,从事等离子、脉冲电场应用研究。

E-mail:czhong25@uwo.ca。

参考文献:

[1]尹启生,陈江华,王信民,等. 2002年度全国烟叶质量评价分析[J]. 中国烟草学报,2003,9(增刊1):59-70.
[2]邓小华,周冀衡,陈新联,等. 烟叶质量评价指标间的相关性研究[J]. 中国烟草学报,2008,14(2):1-8.
[3]汤朝起,王平,窦玉青,等. 河南烤烟主要化学成分与吸食品质的关系[J]. 中国烟草科学,2009,30(5):41-45,49.
[4]冉法芬,许自成,李东亮,等. 我国主产烟区烤烟钾、氯、钾氯比与评吸质量的关系分析[J]. 西南农业学报,2010,23(4):1147-1150.
[5]过伟民,蔡宪杰,魏春阳,等. 豫中浓香型烤烟感官质量与部分质量指标的关系[J]. 烟草科技,2010(6):22-27.
[6]邓小华,周清明,周冀衡,等. 烟叶质量评价指标间的典型相关分析[J]. 中国烟草学报,2011,17(3):17-22.
[7]王冬,赵铭钦,张学杰,等. 烤烟物理特性与化学成分的相关及逐步回归分析[J]. 中国农业大学学报,2010,15(6):52-58.
[8]赵莉. 烤烟红花大金元不同晾置及采收方式对上部叶品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2013.

[9]王小翠,喻奇伟,符云鹏,等. 毕节烟区烤烟化学成分、感官质量及其相关性研究[J]. 河南农业科学,2012,41(6):58-61,64.
[10]黎根,毕庆文,汪健,等. 烤烟主要化学成分与烟叶品质关系研究进展[J]. 河北农业科学,2007,11(6):6-9,41.
[11]杨威,张强,董高峰,等. 昭通烤烟主要物理特性的因子分析和综合评价[J]. 湖北农业科学,2014,53(5):1078-1082.
[12]李瑞丽,张保林,王建民,等. 河南烤烟综合物理特性的因子分析及规律性研究[J]. 中国烟草学报,2014,20(6):90-96.
[13]于建军,杨寒文,毕庆文,等. 烤烟酸性成分的因子分析及综合评价[J]. 浙江农业科学,2009(3):629-632.
[14]马云明,王伟宁,王冰莹,等. 云南烤烟主要化学成分因子分析与综合评价[J]. 安徽农业科学,2011,39(29):18247-18249.
[15]焦敬华,陈晓波. 辽宁烟区烤烟化学成分的综合评价[J]. 江西农业学报,2011,23(9):1-4.
[16]李葆,刘春奎,闫启峰,等. 湖北恩施烟区烤烟化学成分特点及综合评价[J]. 江西农业学报,2010,22(5):12-14,18.
[17]余建英,何旭宏. 数据统计分析与SPSS应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.

空间^[17-18]。

猕猴桃是易腐的优质水果,果实切片售卖或冷藏超市、餐饮等领域具有广泛的应用。本试验以鲜切猕猴桃为材料,对比分析了介质阻挡放电和滑动电弧放电、气相和液相处理及不同处理时间对鲜切猕猴桃保鲜效果的影响,以保证其在保质期内有较高的食用价值和较好的口感,并为相应技术的市场化发展提供了可靠依据。

1 材料与方 法

1.1 等离子体放电系统设计

1.1.1 介质阻挡放电系统 利用电极高压放电产生电晕,催化介质间空气发生反应产生大量活性物质(图 1-a)。介质放电反应室是一个长、宽、高分别为 29.5、19.5、14 cm 的长方

体,由丙乙酸材料制成,底座尺寸为 35 cm×25 cm,两侧配有直径为 2 cm 的圆柱形通气孔,尺寸为 13.5 cm×13.5 cm×2 cm 的长方体亚克力板作为可替换阻挡介质平行放置于直径为 2.5 cm 的两圆形电极之间(图 1-b)。外置电源及调压器输出端的电压波形、放电频率等参数采用 Tektronix TDS 2012C 型示波器实时监测。

1.1.2 滑动电弧放电系统 采用 CTP-2000K 型号电源,滑动弧由电极间最窄间隙处产生并逐渐向宽间隙处扩散,与干燥空气反应生成大量的活性氧、多种活性氮(图 1-c)。电极由一对固定在基础平板上的分离式刀片构成,两直角边尺寸分别为 12 cm、3 cm,厚度为 0.4 cm(图 1-d)。同样,外置电源及调压器输出端的电压波形、放电频率等参数采用 Tektronix TDS 2012C 型示波器实时监测。

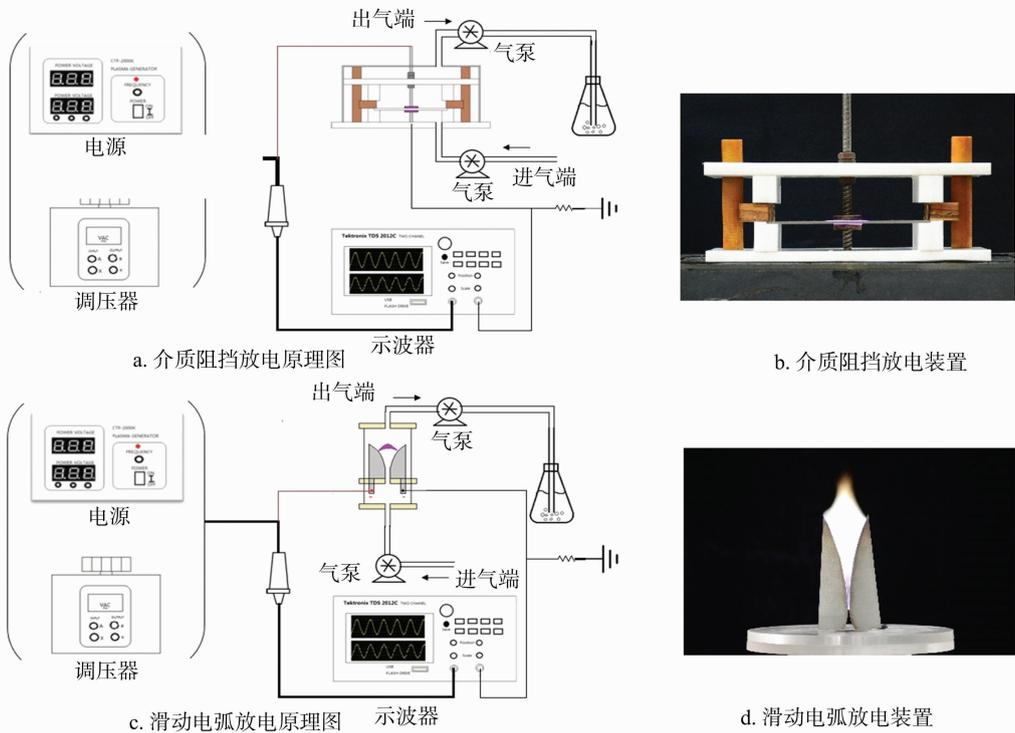


图1 等离子体放电系统原理及实物

1.2 试验处理

将猕猴桃果实切片,取相邻部位切片在不同冷等离子体放电系统中分别进行气相、液相处理,处理时间分别为 5、10、15、20 min,静置时间为 10 min,以未经冷等离子体处理的鲜切猕猴桃为对照。

气相处理条件下,为保证装置的气密性良好,将反应系统两侧的通气孔密闭,接通电源,在乙烯分解效果相对较好的放电条件 25 kV、8 kHz 下处理装置内空气,产生大量活化物质与猕猴桃切片表面发生反应。为避免功率过大对鲜切猕猴桃表面造成不可逆的伤害,气相处理时将猕猴桃切片置于介质阻挡放电装置或滑动电弧放电装置的空腔中。

液相处理条件下,介质阻挡放电系统采用 IPX4 ACO-9610 型气泵向一侧通气孔通入干燥的空气,并从另一侧不断抽取反应后的活化气体注入水中,在水溶剂条件下与待处理的猕猴桃切片表面发生反应;滑动电弧放电系统采用

20ENY045 型气液混合泵进行气液混合,使液相反应室中的液体溶剂能够与猕猴桃切片表面充分接触,提高反应效率^[19]。将经冷等离子体气相或液相处理及未经处理的猕猴桃切片(对照)分装于多个相同的密闭玻璃容器内培养,以避免出现交叉污染,培养条件为温度 25℃、湿度 24%。

1.3 测定内容和方 法

分别在试验前及处理后 48、72 h 观察果实外观,指标检测过程中取 3 组相同处理条件的鲜切果进行重复试验,分别采用 GY-3 型果实硬度计、ATAGO PAL-1 型手持糖度计测量果实硬度和可溶性固形物含量,采用酸碱法测定果实可滴定酸含量,重点考察分析冷等离子体处理 15 min 对果实品质的影响。

2 结果与分析

2.1 不同冷等离子体处理方式对猕猴桃切片外观的影响

由图 2 可见,未经冷等离子体处理的猕猴桃切片(对照)

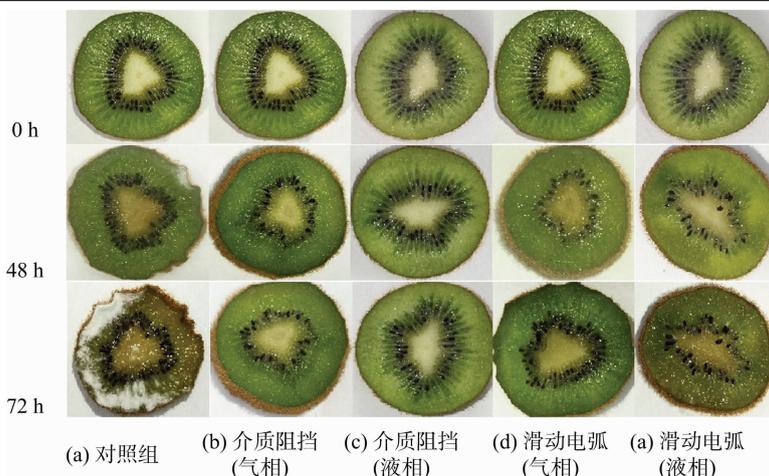


图2 经冷等离子处理的鲜切猕猴桃培养实物

培养 48 h 时,果实开始腐败,且失水皱缩情况较为严重,培养至 72 h 时果实已完全腐败,表面出现菌落,丧失食用价值;介质阻挡放电条件下,经气相、液相处理的猕猴桃切片培养 72 h 时,果实表面均未出现菌落且颜色鲜绿,边缘组织未与果皮分离,未出现明显的失水皱缩情况;滑动电弧放电条件下,经气相处理的猕猴桃切片培养 72 h 时,果实表面未见菌落且颜色鲜绿,边缘组织未与果皮分离,未出现明显的失水皱缩情况,而经液相处理的猕猴桃切片表面组织虽未见菌落,但颜色转褐色,稍呈腐败症状。

2.2 不同放电方式对猕猴桃切片品质的影响

2.2.1 介质阻挡放电相同时间条件下气相、液相处理对果实品质的影响

由图 3、图 4、图 5 可知,将采用介质阻挡放电处理的猕猴桃切片培养 72 h,液相处理组别的可滴定酸含量明显低于气相处理,可滴定酸含量同时刻幅值差可达 29.9%;经过冷等离子处理,液相、气相处理组别的可滴定酸含量、硬度、可溶性固形物含量均明显高于对照,其中,经介质阻挡放电液相处理的组别综合表现相对较好,食用价值相对更高,保鲜效果较好,这可能是由于该条件下等离子放电产生的活性物质能够充分溶于水溶剂并与猕猴桃切片接触充分,而气相处理时受到接触面积的限制,能够接触到的活性物质相对较少。

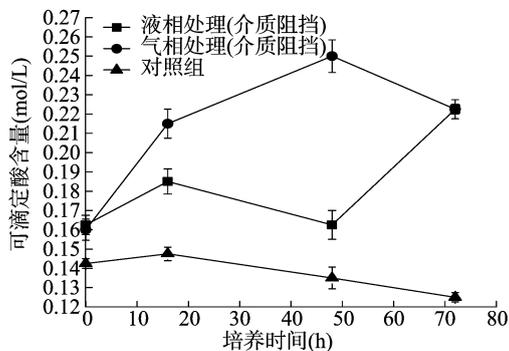


图3 冷等离子处理对果实可滴定酸含量的影响

2.2.2 滑动电弧放电与介质阻挡放电相同时间条件下液相处理对果实品质的影响

由图 4、图 5、图 6 可知,使用介质阻挡放电与滑动电弧放电进行液相处理的组别,其可溶性固形物、可滴定酸含量相对较高,明显高于对照且相互间无明显差

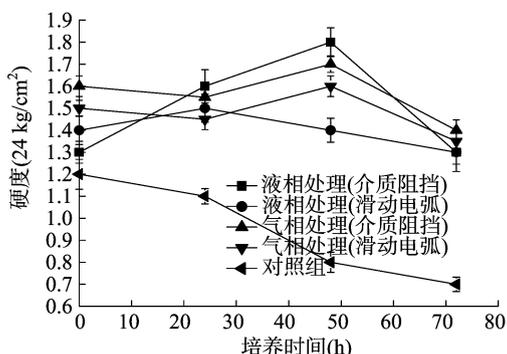


图4 冷等离子处理对果实硬度的影响

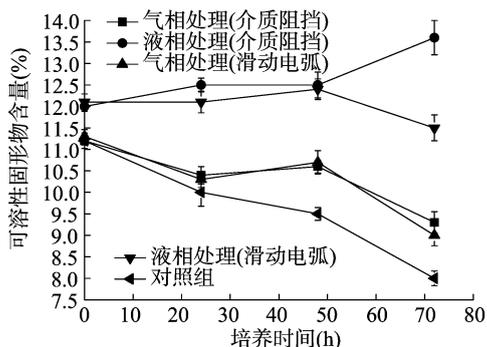


图5 冷等离子处理对果实可溶性固形物含量的影响

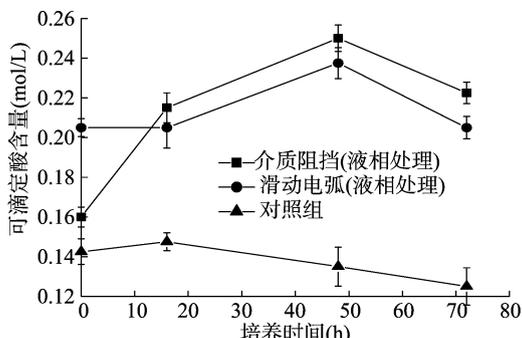


图6 冷等离子液相处理对果实可滴定酸含量的影响

异。其中滑动电弧放电处理组别的可滴定酸含量变化较为平缓,同时刻各组别间幅值差可达 53.8%,介质阻挡放电处理组别的果实硬度整体高于滑动电弧放电处理组别,且多在培

养 48 h 时出现峰值,说明此时猕猴桃果实仍有较高的食用价值。

2.2.3 介质阻挡放电条件下液相处理不同时间对果实品质的影响 由图 7 可知,猕猴桃切片在介质阻挡放电条件下液相处理 15 min 时,其可滴定酸含量随培养时间的延长呈增加趋势,且在培养 72 h 时含量最高,说明这一处理时间相对较好。

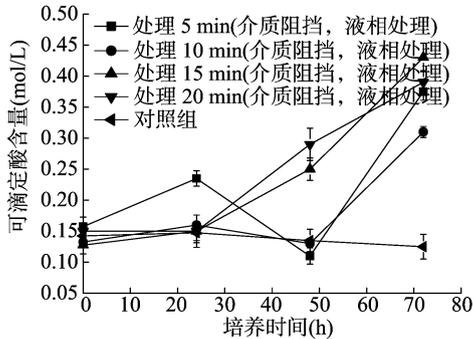


图7 冷等离子处理时间对果实可滴定酸含量的影响

3 结论与讨论

有研究表明,经 O_2 产生的低温等离子体作用 15 s,金黄色葡萄球菌和大肠杆菌的杀灭率可达 99.99%,作用 60 s 杀灭率可达 100%。一方面是由于系统产生的臭氧能氧化分解细菌内部降解葡萄糖所需的酶,致使三羧酸循环(TCA 循环)无法进行,从而导致细胞生命活动所需的腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)无法供应,使细菌灭活死亡;另一方面是等离子体直接作用于细菌,破坏其细胞器、DNA 和 RNA,使细菌的新陈代谢过程受到破坏,导致细菌死亡。

在果实的贮藏过程中,由于呼吸作用导致大量乙烯合成,活性氧快速增加,脂肪氧化酶(LOX 酶)活性提高,致使膜脂过氧化过程加快,丙二醛(MDA)大量积累,加速果实衰老、腐败。猕猴桃果实的腐败过程受乙烯含量影响很大,在此期间,果实的酸度、硬度往往呈下降趋势,可溶性固形物含量呈上升趋势且变化明显。经过冷等离子处理能够使猕猴桃的呼吸速率得到延缓,乙烯得到有效分解^[15],间接导致了果实可滴定酸含量、可溶性固形物含量、硬度等指标的变化,进而在确保食用价值的前提下延长了猕猴桃果实的保鲜时间。本试验结果表明,空气在介质阻挡或滑动电弧放电条件下形成的冷等离子体通过气相或液相处理鲜切猕猴桃,可对鲜切猕猴桃的保鲜效果产生积极作用并延长其保质期;较为适宜的条件是放电电源参数 25 kV、8 kHz 处理 15 min,处理时间过短会使得冷等离子体与果实表面反应尚不充分,浸泡时间过长则容易使果实因吸胀作用而受到破坏。

致谢:感谢中国农业大学高电压实验室提供试验设备,感谢中国农业大学食品学院副教授曹建康、研究生张艺楠对本试验提供技术支持。

参考文献:

[1] 巴特,刘承初. 低温等离子灭菌新技术及其应用[J]. 生物技术通报,2009(增刊1):126-130.

- [2] 蒲华寅. 等离子体作用对淀粉结构及性质影响的研究[D]. 广州:华南理工大学,2013.
- [3] 肖锡湘,上官新晨. 国内外果蔬保鲜技术发展状况及趋势分析[J]. 长江蔬菜,2007(5):34-37.
- [4] Leong L P, Shui G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets[J]. Food Chemistry, 2002, 76(1):69-75.
- [5] Song A Y, Oh Y J, Kim J E, et al. Cold plasma treatment for microbial safety and preservation of fresh lettuce [J]. Food Science and Biotechnology, 2015, 24(5):1717-1724.
- [6] Baier M, Goergen M, Ehlbeck J, et al. Non-thermal atmospheric pressure plasma: screening for gentle process conditions and antibacterial efficiency on perishable fresh produce [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 22(4):147-157.
- [7] Kim J E, Lee D U, Min S C. Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma [J]. Food Microbiology, 2014 (38):128-136.
- [8] Tappi S, Berardirelli A, Ragni L, et al. Atmospheric gas plasma treatment of fresh-cut apples [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 21(4):114-122.
- [9] Lee H, Kim J E, Chung M S, et al. Cold plasma treatment for the microbiological safety of cabbage, lettuce, and dried figs [J]. Food Microbiology, 2015, 51:74-80.
- [10] Ramazzina I, Berardinelli A, Rizzi F A, et al. Effect of cold plasma treatment on physico-chemical parameters and antioxidant activity of minimally processed kiwifruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 107:55-65.
- [11] Tappi S, Gozzi G, Vannini L, et al. Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2016, 33:225-233.
- [12] Moon A Y, Noh S, Moon S Y, et al. Feasibility study of atmospheric-pressure plasma treated air gas package for grape's shelf-life improvement [J]. Current Applied Physics, 2016, 16(4):440-445.
- [13] Berardinelli A, Pasquali F, Cevoli C, et al. Sanitisation of fresh-cut celery and radicchio by gas plasma treatments in water medium [J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 111:297-304.
- [14] Won M Y, Lee S J, Min S C. Mandarin preservation by microwave-powered cold plasma treatment [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2017, 39(1):25-32.
- [15] Kim J E, Oh Y J, Won M Y, et al. Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments [J]. Food Microbiology, 2017(62):112-123.
- [16] 冯磊,么宏伟,谢晨阳,等. 刺嫩芽、刺五加嫩茎叶采用低温气调及等离子保鲜技术的研究[J]. 中国林副特产, 2014(1):26-29.
- [17] Molnar H, Bata-Vidacs I, Baka E, et al. The effect of different decontamination methods on the microbial load, bioactive components, aroma and colour of spice paprika [J]. Food Control, 2018, 83(S1):131-140.
- [18] 王贵禧,韩雅珊,于梁. 猕猴桃果实乙烯代谢的研究[J]. 北京农业大学学报, 1994, 1(4):408-412.
- [19] Yang J, Li T Y, Zhong C S, et al. Nitrogen fixation in water using air phase gliding arc plasma [J]. Journal of the Electrochemical Society, 2016, 163(10):E288-E292.