

碰撞位姿对开心果碰撞声离散性的影响

Research on the influence of impact pose on the discreteness of pistachio's impact sound

王 涛 冯 涛 钟晨玉

WANG Tao FENG Tao ZHONG Chen-yu

(北京工商大学材料与机械工程学院, 北京 100048)

(School of Material and Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

摘要:为了研究碰撞位姿对开心果碰撞声离散性的影响,在除碰撞位姿不作控制、其余条件均相同的情况下,分别对单个开闭口开心果进行 100 次重复碰撞试验,对两组碰撞声信号的频谱离散性和统计参数的离散性进行分析研究。频谱的离散性以样本信号频谱向量与其平均向量间的夹角均值和夹角变异系数作为度量;统计参数的离散性采用信号的能量、熵、过零率等参量,以其变异系数作为度量。试验结果显示:① 单颗开口开心果重复碰撞声信号的频谱向量与其平均向量间夹角均值为 30.94° , 夹角变异系数为 16.56%; 能量、熵、过零率参数的变异系数分别为 38.33%, 2.30%, 20.00%, 均值分别为 11.20, 4.39, 63.43; ② 单颗闭口开心果重复碰撞声信号的频谱向量与其平均向量间夹角均值为 20.52° , 夹角变异系数为 25.11%; 能量、熵、过零率参数的变异系数分别为 18.36%, 2.27%, 13.08%, 均值分别为 6.08, 4.28, 62.94。结果表明:① 不作控制的碰撞位姿对单颗开闭口开心果重复碰撞产生的声信号均有影响,会发生离散; ② 在由碰撞位姿导致的碰撞声的离散程度上,开口离散程度比闭口的高; ③ 除碰撞位姿不作控制、其余试验条件均相同的情况下,虽然单颗开闭口开心果碰撞声的频谱和统计参数都会发生离散,但各参数均在其均值附近有限的范围内变动,所以,通过提取均值差异大且变异系数小的特征参数可以实现开口果和闭口果的有效分类。

关键词: 开心果; 碰撞声; 离散性; 变异系数; 分类

Abstract: In order to know the influence of impacting pose on the sound discreteness of a single pistachio, the sounds of the closed and open pistachio during impacting were recorded, and the 100-times data for each type on the same condition were analyzed including the discreteness of spectrum and statistical parameter. The discreteness

of spectrum was evaluated by the angular separation between each sample signal with its average and variation coefficient, and that of statistical parameter was then assessed by its variation coefficient, represented by energy, entropy and zero-cross rate, respectively. Moreover, the variation coefficient of the parameter was defined as the standard deviation over the average. The results were demonstrated as follows. Firstly, we found that for the open pistachio, angular separation was 30.94° , and the variation coefficient was 16.56%. What is more, the statistical parameter's variation coefficient were 38.33%, 2.30%, 20.00%, and its average were 11.20, 4.39, 63.43 for energy, entropy and zero-cross coefficient, respectively. Secondly, it was found that, for closed pistachio, the angular separation was 20.52° , the variation coefficient was 25.11%, the statistical parameter's variation coefficient were 18.36%, 2.27%, 13.08%, and its average were 6.08, 4.28, 62.94 for energy entropy and zero-cross coefficient, respectively. Thus we could get the conclusions that the random impact pose could have an influence on impact sound signal discretely. Furthermore, the discreteness of open pistachio was higher than the closed ones. Lastly, The random impact pose was also found making spectrum and statistics parameter discretely in a limit range, so it was possible to sort open and closed pistachios using the parameters of larger differences on average whereas smaller value on variation coefficient.

Keywords: pistachio; impact sound; discreteness; variation coefficient; sort

基金项目: 2016 年研究生科研能力提升计划项目资助

作者简介: 王涛,男,北京工商大学在读硕士研究生。

通讯作者: 冯涛(1969—),男,北京工商大学教授,博士。

E-mail: fengt@th.btbu.edu.cn

收稿日期: 2016-01-27

基于碰撞声的分类检测技术已成功应用于开心果、榛子等农产品的品级检测中^[1-2]。国外, Pearson^[3] 根据开心果碰撞声的时域信号特点, 提取其幅值特征, 实现了开心果的分拣; Cetin 等^[4] 使用主成分分析法对开心果进行了分拣; Omid 等^[5] 提取频域特征使用 PCA 和多层前馈神经网络对开心果分类器进行了研究; Mahmoud Omid^[6] 使用 J48 决策树进行了开心果分类专家系统研究; Onaran 等^[7] 基于碰撞声对榛子的饱满与空壳状态进行了分类; Khalifa 等^[8-9] 结合

使用主成分分析和模糊推理系统对空壳核桃进行了智能分拣,提取声信号幅值、功率谱密度等特征值对两类核桃进行了分类识别研究。中国,杨红卫^[10]使用自由落体冲击法进行了小麦品质的检测研究;杨丽等^[11]使用小波包分析对小麦碰撞声进行了分析研究;张丽娜^[12]使用 HHT 和 BP 神经网络对小麦进行了声特征提取和分类研究;臧富瑶等^[13]提出系统综合衰减系数特征对开闭口开心果进行了分拣研究。在现有的这些研究中,研究者虽然都找到了具有一定分类效果的特征参数或分类决策方法,但是它们均默认各次样本试验具有重复性,同类样本的各次碰撞产生的声信号具有稳定性,然而却并未对该默认的前提进行严格的实验验证与分析。

仪器采集到的碰撞声,除环境干扰因素外,主要是由坚果物性参数、碰撞高度和碰撞块材质等碰撞条件决定;在碰撞条件相同的情况下,物性参数接近的坚果,其碰撞声具有相似性,这是碰撞声分拣的基础与前提。上述文献采集样本信号时,会保持碰撞高度、碰撞点位置等条件不变,但对坚果的碰撞位姿却未作专门控制,忽略了碰撞位姿对碰撞声的影响。由于坚果外形并非球形,果壳材料又都属各向异性的材料,坚果位姿的改变会使其撞击点发生改变,使其壳体呈现不同的振动状态,进而导致碰撞声信号之间的差异。本试验拟研究碰撞位姿对开心果碰撞声的影响,为碰撞声分拣装置的准确设计提供参考。

1 开心果碰撞声信号样本的获取

搭建如图 1 所示的试验台,录制单个开闭口开心果的碰撞声样本信号。采用 B&K 公司声信号测量设备,包括 B&K 3560B 前端数据采集器 1 台、B&K 4189 传声器 1 个,数据传输网线 1 条、BNC 连接线 1 条、声压校准器 1 个、装有 B&K PULSE 软件的笔记本电脑 1 台。

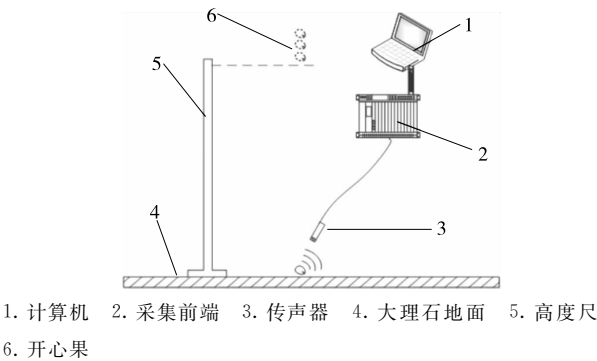


图 1 开心果碰撞声采集系统

Figure 1 Collect system of pistachio with impact sound

试验时,信号采样率设置为 64 kHz,开心果下落高度为 40 cm,传声器距离撞击点竖直高度为 65 cm、水平距离为 5 cm;开闭口开心果样本个数均为 1 个,保持下落高度和撞击点位置基本不变,对开心果的初始下落姿态不作要求,重复下落 100 次,采集其碰撞声信号。

使用端点检测算法^[14-15]在试验录音文件中截取每次碰撞的声信号,将等长的碰撞声信号进行归一化处理,得到开闭口开心果碰撞声样本信号各 100 个。

2 样本信号处理及分析

2.1 碰撞位姿对频谱的离散性影响分析

开闭口果重复碰撞产生的样本声信号的时域波形均不相同,由图 2 可知,闭口碰撞声信号的时域波形之间相同性和差异性并存。相同性体现在:开闭口信号时域幅值均在碰撞后迅速达到峰值,且该峰值附近波形明显相似。差异性体现在:闭口信号时域幅值在达到峰值后,幅值迅速衰减,信号尾部震荡小,而开口信号时域幅值到达峰值后衰减速度较慢,且信号尾部震荡较大。

将开闭口样本信号进行傅里叶变换,获得各样本信号的频谱。开闭口果样本的平均频谱见图 3。由图 3 可知,开闭

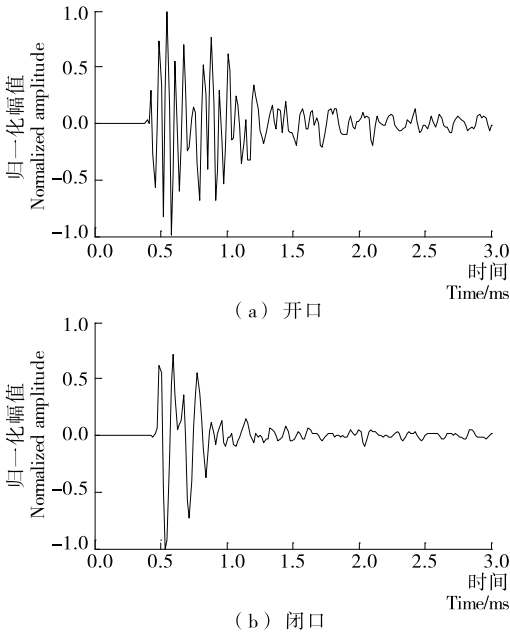


图 2 开、闭口样本碰撞声信号的波形

Figure 2 Sample's impact sound signal waveform open closed

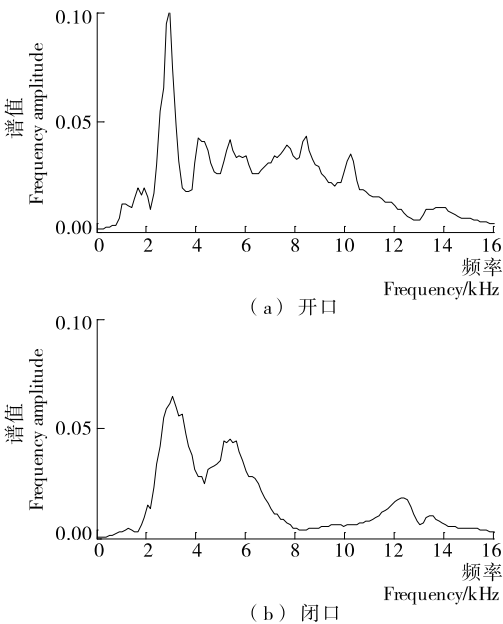


图 3 开、闭口样品的碰撞声频谱

Figure 3 Sample's impact sound spectrum open closed

口果样本的平均频谱之间差异性和共性并存。相同性体现在:开闭口信号频谱在 2.9 kHz 左右都有一个尖峰,且主要能量在 1 kHz 以上频率上。差异性体现在:开闭口信号在不同频率上的能量分布不同,且开口能量超过 0.02 的频段达到 13 kHz,闭口能量超过 0.02 的频段主要在 8 kHz 以下。

同类信号的频谱离散性由各样本信号频谱向量与其平均向量之间的夹角大小 θ_i 定量表示,而夹角 θ 的变异系数 V_θ ,即夹角的标准差与夹角均值的比值,可以对频谱之间波动的幅度进行描述;各样本信号与均值信号频谱向量夹角 θ_i 的均值体现了信号总体一致性的强弱,即频谱的离散性大小。图 4 是开闭口样本的向量夹角 θ_i 变动情况。

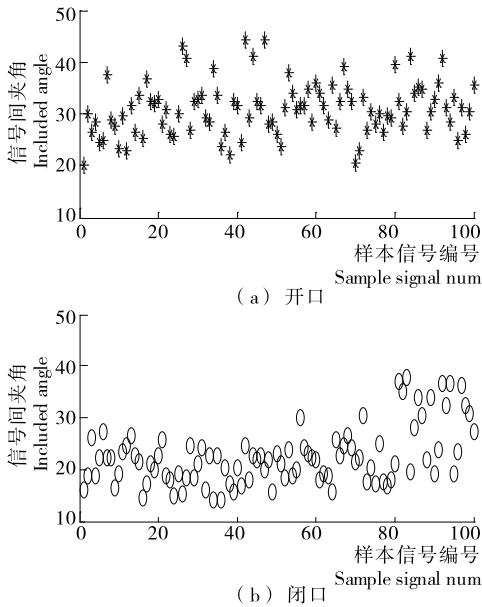


图 4 开、闭口样本信号与其均值向量的夹角
Figure 4 Angular separation between sample signal and its average open closed

由图 4 可知,开、闭口样本信号的 θ_i 在 $10^\circ\sim50^\circ$,说明总体上开、闭口样本信号频谱向量均在其平均频谱附近 50° 的范围内波动。

开闭口信号的 θ_i 平均值分别为 $30.94^\circ, 20.52^\circ$, V_θ 值分别为 16.56%, 25.11%。开口信号的 V_θ 值为 16.56%说明各样本信号与平均信号夹角在其夹角均值约 1/5 范围内变动;闭口信号的 V_θ 值为 25.11%,说明各样本信号与平均信号夹角在其夹角均值约 1/4 范围内变动。开口信号 θ_i 的平均值等于 30.94° ,比闭口的均值 20.52° 大,说明开口信号的频域离散程度高于闭口。

2.2 碰撞位姿对统计参数的离散性影响分析

应用能量、熵、过零率作为统计参数离散性分析的代表,开闭口果样本信号的各参数的标准差、均值和变异系数的统计结果见表 1。

- (1) 能量:表示信号的强度大小,其计算公式为:
- $$Energy = \sum_{m=1}^N x^2(m), \tag{1}$$
- 式中:
- $x(m)$ ——信号 x 的第 m 个数据;
- N ——信号的长度;

表 1 开闭信号的统计参数			
Table 1 Statistical parameter of closed and open impact sound			
参数名称	标准差	均值	变异系数/%
开口能量	4.29	11.20	38.33
闭口能量	1.12	6.08	18.36
开口熵	0.10	4.39	2.30
闭口熵	0.10	4.28	2.27
开口过零率	12.69	63.43	20.00
闭口过零率	7.60	62.94	13.08

- $Energy$ ——信号的能量。
- (2) 熵:表示信号状态的量,其计算公式为:
- $$Entropy = - \sum_{k=0}^{N/2} p(k) \lg p(k), \tag{2}$$
- 式中:
- $p(k)$ ——信号 FFT 变换后的第 k 个频率分量对应的概率密度;
- N ——计算 FFT 的长度;
- $Entropy$ ——信号的熵。
- (3) 过零率:表示信号正负幅值的变换次数,其计算公式为:

$$ZeroC = \text{sum}[x(1:\text{end}-1). * x(2:\text{end}) < 0], \tag{3}$$

式中

end ——信号 x 最后的数据点;

$ZeroC$ ——信号的过零率。

由表 1 可知,各参数的变异系数均小于 40%。在闭口信号的统计参数中,能量的变异系数为 38.33%,在 3 个参数之间离散度最大;在开口信号的统计参数中,过零率变异系数为 20.00%,离散度最大;熵的变异系数在开闭口信号之间均最小,且均小于 2.5%。开闭口信号的能量参数分别为 11.20 和 6.08,开口信号的能量比闭口信号的能量大约强 1 倍,因此能量参数可以作为区分开闭口信号的特征参数之一。由此得出:① 在碰撞位姿随机的情况下,开闭口开心果重复碰撞声的统计参数均会发生离散,开闭口信号之间,相同参数的离散程度不同;在同类(开口或闭口)信号之间,不同参数的离散程度也不同;② 闭口信号各参数的变异系数均小于开口信号,因此闭口果碰撞声信号的离散度小于开口果。

3 结论

① 随机的碰撞位姿对单颗开闭口开心果重复碰撞产生的声信号均有影响,会使其发生离散;② 开口开心果的离散程度比闭口的高;③ 在其余试验条件均相同的情况下,单颗开闭口开心果碰撞声的频谱和统计参数都会随坚果碰撞位姿的不同而发生离散,但各参数均在其均值附近有限的范围内变动,所以,通过提取均值差异大且变异系数小的特征参数可以实现开口果和闭口果的有效分类。

参考文献

[1] 应义斌,韩东海. 农产品无损检测技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2005: 164-174.

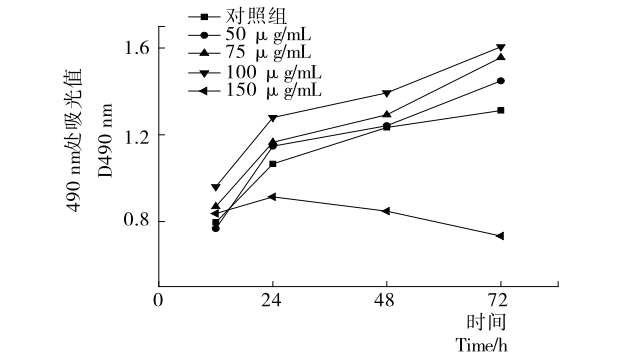


图 2 蓝莓花色苷对鸡胚成纤维细胞单层生长的影响
Figure 2 Effect of blueberry anthocyanins for primary chicken embryonic fibroblast growth by MTT assay

浓度高于 100 $\mu\text{g/mL}$ 时对鸡胚成纤维细胞生长产生抑制作用。本试验结果可为蓝莓花色苷抗以鸡胚成纤维细胞为模型的病毒研究提供了理论依据,但有关蓝莓花色苷促进及破坏鸡胚成纤维细胞生长的机制还有待进一步研究。

参考文献

[1] 侯格妮, 李俊, 李然洪, 等. 蓝莓白兰地特征香气成分的 GC—MS 分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(3): 21-26.

(上接第 8 页)

[2] 梅亚敏, 郭敏. 基于碰撞声信号的农产品品质检测技术综述[J]. 西北农林科技大学学报, 2013, 41(4): 213-219.

[3] PEARSON T C. Detection of pistachio nuts with closed shells using impact acoustics[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2001, 17(2): 249-253.

[4] CETIN A E, PEARSON T C, TEWFIK A H. Classification of closed and open-shell pistachio nuts using voice-recognition technology[J]. Transaction of ASAE, 2004, 47(2): 659-664.

[5] MAHMOUD Omid, ASGHAR Mahmoudi, MOHAMMAD H Omid. An intelligent system for sorting pistachio nut varieties[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36: 11 528-11 535.

[6] MAHMOUD Omid. Design of an expert system for sorting pistachio nuts through decision tree and fuzzy logic classifier[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38: 4 339-4 347.

[7] ONARAN I, PEARSON T C, YARDIMCI Y, et al. Detection of underdeveloped hazelnuts from fully developed nuts by impact acoustics [J]. Information & Electrical Technologies Division of ASABE, 2006, 49(6): 1 971-1 976.

(上接第 12 页)

[14] 彭娜, 曾新安. 高糖胁迫对生长期酿酒酵母生理代谢的影响 [J]. 现代食品科技, 2011, 27(4): 397-399.

[15] 施巧琴, 吴松刚. 工业微生物育种学[M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2009: 22.

[16] 郭科, 周兵. 酵母 Ndi1p 突变表达文库的建立和温度敏感株的筛选[J]. 中国生物化学与分子生物学报, 2012, 28(10): 966-970.

[17] 沈萍, 陈向东. 微生物学实验[M]. 4 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.

[2] CHEN Jian, ZHAO Ying, TAO Xiao-yun. Protective effect of blueberry anthocyanins in a CCl_4 -induced liver cell model[J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 60(2): 1 105-1 112.

[3] PETROFICIANI J. Cell substrates; where do we stand after 50 years of discussion[J]. Developmental Biology, 2006, 123: 11-21, discussion 55-73.

[4] 徐渊金, 杜琪珍. 花色苷生物活性的研究进展[J]. 食品与机械, 2006, 22(6): 154-157.

[5] 王秀臻, 张培培, 程合刚, 等. 鸡胚成纤维细胞替代鸡胚成纤维细胞上清快速检测外源性禽白血病毒病的探究[J]. 中国家禽, 2013, 35(10): 18-21.

[6] 盖丽丽, 张莉, 姜世金, 等. 3 种花色苷对 DF-1 细胞的影响[J]. 生物技术通讯, 2012, 23(4): 242-245.

[7] 王亚丽, 李颖畅, 马春颖, 等. 蓝莓叶多酚提取物对 3 种细菌的抑菌活性[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(3): 163-167.

[8] 李颖畅, 孟宪军, 孙靖靖, 等. 蓝莓花色苷的降血脂和抗氧化作用[J]. 食品与发酵工业, 2008, 34(10): 44-48.

[9] 李颖畅, 马春颖, 孟宪军, 等. 蓝莓花色苷提取物抗油脂氧化能力研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(2): 92-95.

[10] 凌美庭. 可供开发食品添加剂(IX): 兰莓提取物及其抗氧化作用[J]. 粮食与油脂, 2003(6): 45-48.

[11] 康雪燕. 猪传染性胃肠炎病毒 S 蛋白在毕赤酵母中的分泌表达及免疫原性分析[D]. 泰安: 山东农业大学, 2010: 37.

[8] KHALIFA S, KOMARIZADEH M H, TOUSI B. An intelligent system for grading walnuts based on acoustic emission and neural [J]. Journal of Food Agriculture and Environment, 2011, 9(1): 132-135.

[9] KHALES S, MAHMOUDI A, HOSAINPOUR A, et al. Detection of walnut varieties using impact acoustics and artificial neural networks (ANNs) [J]. Modern Applied Science, 2012, 6 (1): 43-49.

[10] 杨红卫. 小麦品质分析的信号处理方法研究[D]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2005: 44-46.

[11] 杨丽. 基于信号处理的小麦品质声学检测方法研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2007: 21-27.

[12] 张丽娜. 基于 BP 神经网络的小麦碰撞声信号分类[J]. 电子设计工程, 2013, 21(7): 163-168.

[13] 臧富瑶, 冯涛, 王晶, 等. 基于撞击声的开心果分拣模型研究 [J]. 食品与机械, 2015, 31(2): 157-160.

[14] 刘华平. 语音信号端点检测方法综述及展望[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(8): 2 278-2 283.

[15] 宋知用. MATLAB 在语音信号分析与合成中的应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013: 117-122, 159.

[18] 杜连祥, 路福平. 微生物学实验技术[M]. 北京: 中国轻工出版社, 2006: 355.

[19] 张莉, 王婧, 杨婷, 等. 产 β -葡萄糖苷酶酿酒酵母菌株紫外诱变选育及酶学性质分析[J]. 食品工业科技, 2015, 36(20): 220-224.

[20] 李文莉, 缪冶炼, 陈介余, 等. 木质素降解物对酿酒酵母的毒性 [J]. 生物加工过程, 2015, 13(1): 82-88.

[21] 苗兰兰, 张东杰, 王颖. 复合诱变高产金属硫蛋白酵母菌株的筛选[J]. 食品科学, 2013, 34(19): 261-264.

[22] 姚咏婧. 插入式超声对酵母细胞膜通透性影响的研究[J]. 广东化工, 2006, 33(1): 42-44.