

# 质构参数与花生物性测定的相关性

汤鹏宇, 孟繁博, 黄道梅, 郑秀艳, 林茂

(贵州省农业科学院现代农业发展研究所, 贵州省农产品加工研究所, 贵州贵阳 550006)

**摘要:** 为明确花生在物性测定中与质构参数的相关性, 本研究以两种表观差异较大的花生品种为样品, 通过调控质构测定仪的关键参数进行研究。结果显示: 不合适的质构测试参数能显著影响花生样品的物性特性结果并降低检测准确性。其中, 压缩形变量对花生的硬度、弹性、内聚性、咀嚼性等物性特性造成显著影响, 而压缩形变量为 35%~50% 之间时影响较小; 测试速度与花生样品脆性成显著负相关性, 拟定测试速度在 40 mm/min 时脆性检测结果较为平稳; 过高的剪切速率会严重影响剪切力结果的稳定性, 造成系统误差扩大, 控制剪切速率小于 60 mm/min 能较好的稳定剪切力数据。不同种类花生之间物性测定结果不同, 利用合适的测定参数就可以减小系统误差, 进而更好的体现样品之间的物性差异。因此, 花生样品在进行物性测定时, 选择质构参数中压缩形变比在 35%~50% 范围, 测试速度 40 mm/min, 剪切速率不高于 60 mm/min 对花生物性测定影响较小, 这样的检测参数可以取得稳定数据。

**关键词:** 花生; 质构参数; 物性测定; 压缩形变比; 测试速度

文章编号: 1673-9078(2021)07-294-301

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2021.7.1105

## Correlation between Texture-Analyzer Parameters and Physical Properties Measurement of Peanut

TANG Peng-yu, MENG Fan-bo, HUANG Dao-mei, ZHENG Xiu-yan, LIN Mao

(Institute of Integrated Agriculture Development Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guizhou Institute of Farm Products Processing, Guiyang 550006, China)

**Abstract:** In order to clarify the correlation between texture parameters and physical properties of peanut, two peanut varieties with apparent differences were selected as samples in this study. The influence of the texture-analyzer parameters on the physical properties of peanut samples was investigated by regulating the critical control points of the texture. The results showed that inappropriate texture-analyzer parameters could significantly affect the physical properties of peanut samples and reduce the accuracy of test results. For example, the compression shape variable had a significant influence on the hardness, elasticity, cohesion, chewiness and other texture properties of peanut. However, the compression shape variable had a small influence when it was between 35% and 50%. The detection speed had a significant negative correlation with the brittleness of peanut samples. The brittleness detection results were relatively stable when the test speed was 40 mm/min. The stability of shear force results would be seriously affected by the higher shear rate, which resulted in an increase in systematic errors. Therefore, the better stable shear force data could be obtained when the controlled shear rate was less than 60 mm/min. The results of physical properties were different between the different types of peanuts. The systematic errors could be reduced by using suitable determination parameters and the physical property differences between samples were better represented. As a result, when the physical properties of peanut samples were determined, the stable data could be obtained by selecting parameters of compression deformation ratio 35%~50%, test speed 40 mm/min and the shear rate of no more than 60 mm/min, which had little effect on the physical determination of peanut.

**Key words:** peanut; texture-analyzer parameters; physical properties measurement; compression deformation ratio; test speed

引文格式:

汤鹏宇,孟繁博,黄道梅,等.质构参数与花生物性测定的相关性[J].现代食品科技,2021,37(7):294-301

TANG Peng-yu, MENG Fan-bo, HUANG Dao-mei, et al. Correlation between texture-analyzer parameters and physical properties measurement of peanut [J]. Modern Food Science and Technology, 2021, 37(7): 294-301

收稿日期: 2020-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31460415); 黔农科院青年基金[2019]17号; 贵州省科技计划项目 (黔科合成果[2017]4116)

作者简介: 汤鹏宇 (1995-), 男, 研究实习生, 研究方向: 农产品加工

通讯作者: 林茂 (1979-), 女, 研究员, 研究方向: 农产品加工与贮藏保鲜

花生是我国重要的油料作物<sup>[1]</sup>, 富含蛋白、脂肪及矿物元素等多种营养成分, 又名“长生果”、“万寿果”、“千岁子”等。目前, 对花生的研究主要分两个大方向, 即采前和采后, 采前主要是种植方式、环境、产量等的研究<sup>[2,3]</sup>; 采后则集中在营养品质<sup>[4]</sup>、加工品质<sup>[5]</sup>以及出口品质上。而对于花生的感官、物性测定还较少, 且更多关注于花生榨油后的油脂风味研究等<sup>[6,7]</sup>。风味研究通常较为复杂<sup>[8,9]</sup>, 花生除了味道之外, 口感也十分重要, 但这些风味研究并不能完全替代感官感受<sup>[10]</sup>。随着社会的经济发展, 各类花生制作的休闲零食被摆上台面。据统计, 仅美国国内花生休闲食品就占据其花生产量的 60%<sup>[11]</sup>, 所以花生整体的口感品质不容忽视。目前, 花生的感官品质多采用感官评价法<sup>[12]</sup>, 主要包括花生硬度、酥脆度、细腻度、甜味、香味等。但是感官评价较为费时费力, 而且存在许多外在影响因素, 对于评价的客观性、可靠性等还较为欠缺。质构仪是一种客观评价样品物性特性的仪器, 近年来已经广泛应用于果实品质<sup>[13-15]</sup>、食品加工<sup>[16,17]</sup>、食品的品质检测<sup>[18]</sup>等方面。通过质构测定可以精确的反应出食品的组织构成特性, 测定结果客观, 准确。最新研究表明, 食品的组织构成对口感有着显著影响, 食物颗粒之间和食物颗粒与口腔之间的相对运动被认为是严重影响感官感知的<sup>[19]</sup>, 尤其对于花生这样层次相对单一的食品而言更为显著。

研究发现, 不同的质构测试参数, 对物性实验结果造成显著影响<sup>[20]</sup>。鉴于花生物性测试参数的研究还较为缺乏, 花生物性研究不够充足的现状, 本研究旨在明确花生在 TPA 测试、剪切力等质构测试中的压缩变形比例、测试速度等具体条件, 研究这些关键控制点对花生物性特性的影响, 探讨其与花生物性测定结果的相关性, 从而得到花生的一个质构检测模型。以期在某些指标上取代感官评价, 并通过感官评价佐证实验准确性, 为花生产品的品控质量检测提供指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

“黔花生七号”花生(以下简称黑花生)、本地红白铜仁珍珠花生(均为入库标准的生花生, 以下简称红花生), 贵州省沿河县黄土乡农特产品农民专业合作社提供。

TMS-PRO 型物性测定仪(配有 P50 圆柱探头及 P/BS 剪切探头), 美国 FTC 公司; WD700 微波炉,

LG 电子(天津)电器有限公司; SYF-30 冠亚水分含量测定仪, 深圳冠亚水分仪科技有限公司; FA2004 分析天平, 上海精密科学仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 花生熟化方法

熟化方法采用微波加热法, 该法受热均匀, 加热速度快<sup>[21]</sup>, 适用于坚果类食物熟化, 对油脂破坏程度低, 呈香化合物保留好等特点<sup>[22,23]</sup>, 取样品适量清洗干净并沥干水分, 平铺在烤盘上, 微波高火烘烤 2 min, 取出翻动, 随后低火烘烤 3 min, 期间每分钟翻动一次, 烘烤结束自然放凉。

#### 1.2.2 水分含量测定

取生、熟花生的花生衣、仁分别 5 g, 将样品均匀放置在置物盘中, 设定温度 110 ℃。

#### 1.2.3 质构特性测试

样品前处理<sup>[24]</sup>: 熟化后的花生去掉花生衣, 选取重量区间在±0.1 g 的花生手工分开两瓣, 去掉其中种胚, 尽量修整为大小一致, 上机测试。

TPA 测试条件: 选择 1000 N 量程, P50 探头, 检测压缩形变、测试速度对 TAP 测定结果的影响, 设置形变压缩比为: 30%~80%, 每 5%为一个梯度; 测试速度选取 20 mm/min、40 mm/min、60 mm/min, 两次压缩间隔时间 5 s。

剪切力测定设置: 剪切力测试中, 仪器的关键变量为剪切速度, 分别设定剪切速度为 10、20、30、40、60、80、100、150、200 mm/min 进行剪切力测定, 选取 P/BS 剪切探头。

#### 1.2.4 感官评价

选取熟花生样品若干放置于感官品评杯中, 剔除其中不饱满, 有虫斑和变色的花生, 对其进行编号, 一次性送样品评, 选取食品相关专业硕士研究生 10 人组成品评小组, 品评人员于上午 10 点钟左右在品评分析室品尝, 每品尝一个样品后用清水漱口, 相互之间不交流。感官评价标准如表 1 所示。

本次感官评价主要考察花生的口感, 用以佐证物性测定仪准确性, 因此不对味觉方面做考量。其中, 酥脆度指花生第一次在口中嚼碎的难易程度, 对应物性测定仪中的脆度; 细腻度指咀嚼花生时花生残渣细微程度, 残渣颗粒小且少说明口感细腻, 反之粗而多则口感粗粝, 对应物性测定仪中的硬度; 柔嫩度指咀嚼花生至可吞咽时的费力程度, 对应物性测定中的咀嚼性(固体)或胶粘性(半固体)。

表 1 花生感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of peanut

指标	8~10分	6~8分	4~6分
酥脆度	酥脆性良好, 轻易嚼碎	酥脆性适中, 不易嚼碎	脆性硬度较差, 难嚼碎
细腻度	残渣颗粒非常少	残渣颗粒适中	残渣颗粒较多
柔嫩度	良好	一般	较差
总体接受度	口感良好	接受度一般	较难以接受

### 1.3 数据处理

预先筛选花生重量, 选取同一重量组 (误差在 0.1 g) 每组实验重复测定 15 次并去掉异常值, 数据采用平均值±标准差表示。数据统计分析采用 SPSS 19.0 软件进行分析处理, 并进行显著性分析; 采用 Origin 8.5 软件绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 生熟花生籽实, 种皮含水量结果

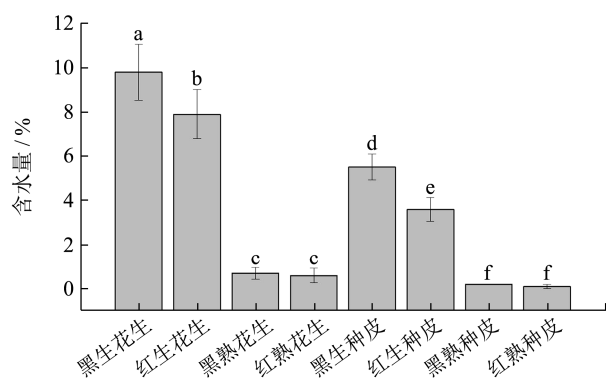


图 1 黑、红花生籽实与种皮含水量

Fig.1 Water content of seeds and seed coat of raw and cooked peanuts

注: 小写字母不同, 表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。

从图 1 可以看出, 在生花生状态下, 黑花生籽实 ( $8.85 \pm 1.26$ ) 与种皮 ( $5.54 \pm 0.58$ ) 的含水量均大于红花生的籽实 ( $7.92 \pm 1.13$ ) 和种皮 ( $4.61 \pm 0.54$ ), 且存在统计学差异 ( $p < 0.05$ )。杜瑞等<sup>[25]</sup>研究表明, 黑花生无论种皮, 还是籽实含水量均大于红花生, 该结论与本研究相一致。而经过熟化处理后, 两类花生籽实与种皮含水量基本趋于一致。不同的花生品种、以及运输和储存过程中的气温变化导致生花生的含水量存在一定差异性, 但熟化后花生含水量急剧下降。在进行物性检测中发现, 含水量不同的同一样品会造成数据显著差异, 因此, 为保证结果同一性, 后续质构检测采用熟花生以减小实验误差。

### 2.2 压缩形变量、测试速度对花生酥脆性的影响

脆性是样品对探头的初始抵抗作用, 在 TPA 测试中通常表示为第一次压缩过程中的第一个峰值, 若是只有一个峰值, 则定义为硬度, 无脆性值。经过熟化、放凉回酥后的花生含水量大幅下降, 均有明显的脆性峰值。不同于生花生韧性较高, 熟花生在压缩到达一定程度时果仁会明显破裂, 压缩形变、测试速度对花生酥脆性的影响如图 2 所示。

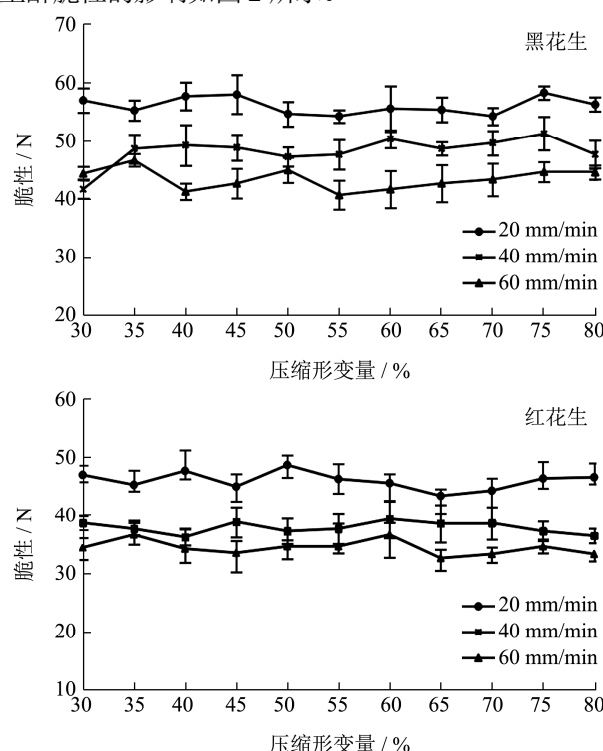


图 2 压缩形变量、测试速度对黑、红花生酥脆性的影响

Fig.2 Effect of compression shape variable and test speed on the crispness of black and red peanuts

图 2 显示黑、红花生的脆性结果呈现为三条波动不大的折线, 说明在同一测试速度下, 无论是 20、40 还是 60 mm/min 的测试速度, 随着压缩形变量的增大, 黑、红花生的脆性值均没有太大的变化, 而测试速度对花生脆性存在影响。总体而言, 测试速度越高, 脆性值越低。根据图 2 显示的结果来看 40 mm/min 的测试速度使得脆性值处于一个较为平稳的状态。

### 2.3 压缩形变量、测试速度对花生硬度的影响

硬度反应了样品在对应形变比例内对抗探头所达

到的最大的力,是 TPA 测试中重要的组成部分。压缩形变越大,则硬度值越大,但高压压缩比情况下的硬度值多为力的相互作用下的无效做功,因为此时样品已经被完全破坏,并非反应了样品的真实硬度。本测试旨在考察花生样品最适的硬度测试压缩比,减少无效做功的影响。压缩形变、测试速度对花生硬度的影响如图 3 所示。

黑、红花生在对硬度的检测过程中,无论是 20、40 还是 60 mm/min 的测试速度均没有很明显的区别,三条线基本重合(图 3)。李春红等<sup>[26]</sup>认为,测试速度对于样品的硬度以及断裂距离无显著影响,该结论与本实验研究结果基本一致。因此在测量样品硬度时,可以选择较高的测试速度。对于压缩形变比例而言,在压缩形变量 $\leq 50\%$ 时候,硬度随着压缩形变量增大基本无变化,说明此范围内压缩形变量对硬度影响小,反应的是样品的真实硬度情况。随着压缩比例逐渐增大,硬度值急剧上升,在压缩形变量 80%时,两种花生硬度值均在 250 N 以上,是 50%压缩比例以下硬度均值两倍还多,由此可见产生了大量的无效做功。两种花生相比较,硬度值有一定差别,红花生硬度较高。

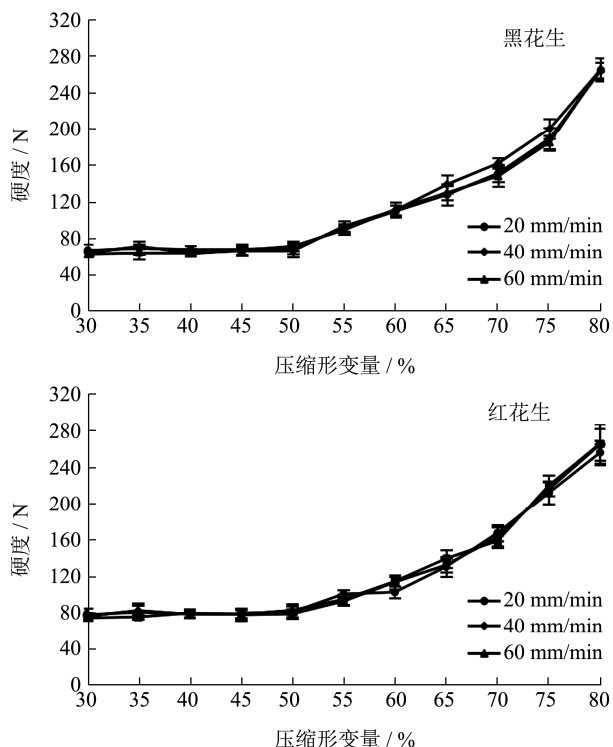


图 3 压缩形变、测试速度对黑、红花生硬度的影响

Fig.3 Effects of compression deformation and testing speed on the hardness of black and red peanuts

#### 2.4 两次压缩间隔时间、压缩形变量、测试速度对花生弹性的影响

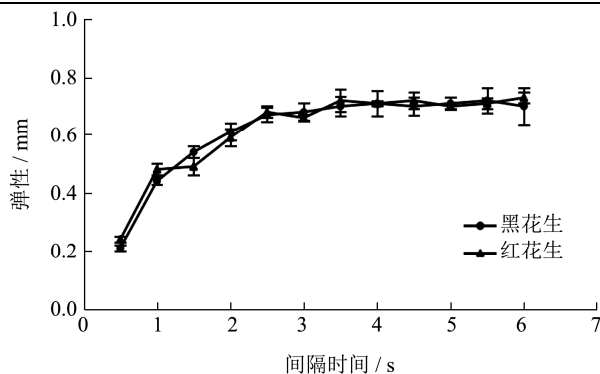


图 4 TPA 测试间隔时间对两种花生弹性的影响

Fig.4 The effect of TPA test interval time on the elasticity of two kinds of peanuts

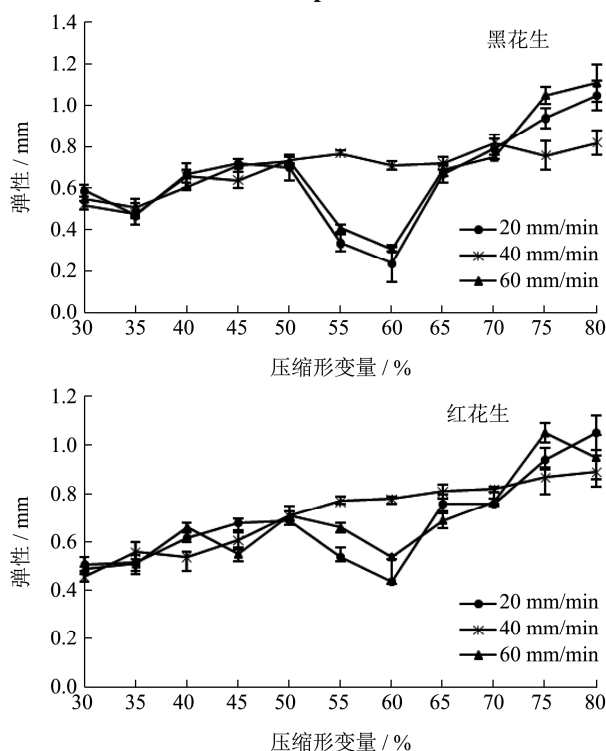


图 5 压缩形变量、测试速度对黑、红花生弹性的影响

Fig.5 Effects of compression shape variable and test speed on the elasticity of black and red peanuts

在预实验研究中发现(图 4),TPA 两次间隔压缩的时间对样品弹性有一定影响。在其余因素相同条件下,当两次压缩间隔在 2 s 以内,弹性呈现显著增长趋势;2~4 s 范围,弹性缓慢增长;4 s 后基本不增长。因此 TPA 两次压缩间隔时间设定为 5 s,增加弹性数据准确性。

除了 TPA 测试中的两次压缩时间间隔会影响弹性,从图 5 可以看出,压缩形变量以及测试速度均对黑、红花生弹性产生影响。随着压缩形变量的增大,弹性总体呈现上升趋势。但当黑、红花生处于 20 mm/min 和 60 mm/min 的测试速度时,在 50%~60%压缩形变区间,弹性出现大幅下降,当大于 60%压缩形

变后开始逐渐回升。40 mm/min 测试速度时，弹性上升趋势平稳。在 50%压缩比例之前，三种测试速度没有明显区别，黑、红花生弹性变化趋势基本一致。

### 2.5 压缩形变量、测试速度对花生内聚性的影响

内聚性的定义为样品经过第一次压缩变形后所表现出来的第二次压缩的相对抵抗能力。图 6 显示，测试速度对花生的内聚性影响较小，20、40 以及 60 mm/min 测试速度下内聚性变化趋势基本一致。随着压缩形变量的逐渐增大内聚性逐渐下降，当压缩形变量达到 65%后，内聚性基本不再变化，此时花生已被压缩成饼粕状态，因此相对抵抗能力基本不再变化。所以花生压缩形变量不应大于 65%，否则内聚性指标产生无效做功。两种花生的内聚性总体趋势一致，但黑花生内聚性整体较红花生低了约 15%，说明不同品种花生存在细微差异性。

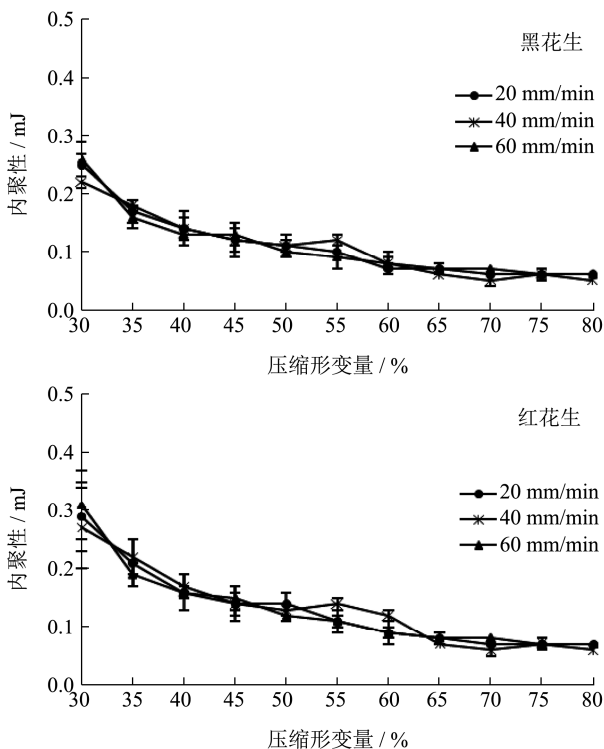


图 6 压缩形变量、测试速度对黑、红花生内聚性的影响

Fig.6 Influence of compression shape variable and test speed on the cohesion of black and red peanut

### 2.6 压缩形变量、测试速度对花生咀嚼性的影响

咀嚼性可以解释为咀嚼固体食物所需要的能量（咀嚼到可吞咽程度所需能量），用于固体食物的口感描述，在质构仪中定义为胶着性与弹性的乘积。从图 7 可以看出，随着压缩形变量的逐渐增大，咀嚼性呈现先上升后下降再上升的过程，而测试速度对咀嚼性

呈现负相关。在测试速度 20 mm/min 和 40 mm/min，压缩形变量在 35%~60%时，咀嚼性变化较小。

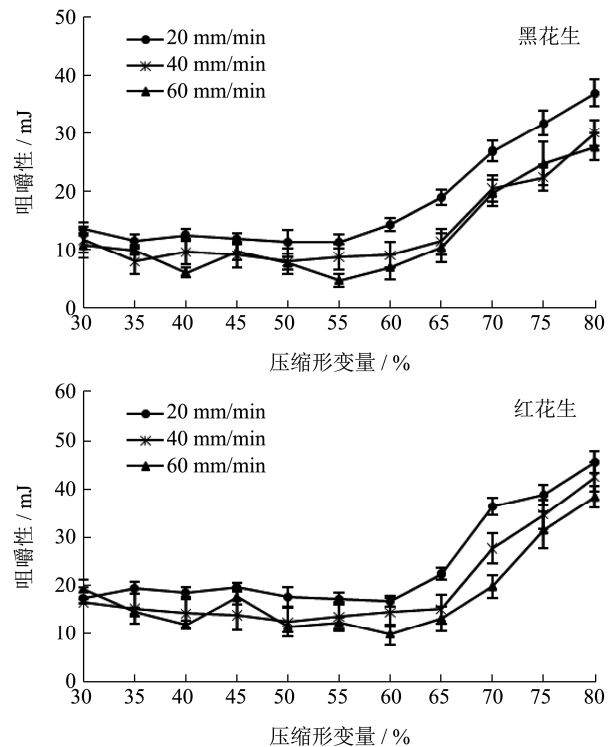


图 7 压缩形变量、测试速度对黑、红花生咀嚼性的影响

Fig.7 Impact of compression shape variables and test speed on mastication of black and red peanuts

两种花生咀嚼性检测结果趋势基本一致，符合品种特性。但可能是品种之间存在细微差异原因，红花生的咀嚼性程度较黑花生更高，40 mm/min 测试速度，50%压缩范围时，红花生咀嚼性 (12.54±1.3 mJ) 比黑花生 (7.84±1.1 mJ) 高了近 60%。

### 2.7 压缩形变量、测试速度对花生剪切力的影响

图 8 表示黑红两种花生在不同剪切速率下的剪切力。两种不同品种的花生在 60 mm/min 剪切速度以内时，红花生剪切力显著高于黑花生 ( $p < 0.05$ )，这与硬度和咀嚼性检测结果一致；同时同种花生间剪切力基本无变化，黑花生稳定在 34.71 N 左右，红花生稳定在 43.84 N 附近。从 60 mm/min 开始到 100 mm/min，随着剪切速率增大，两种花生的剪切力开始逐渐下降，在 100 mm/min 时，黑花生剪切力为 23.21±3.8 N，红花生为 29.8±6.2 N。不同的剪切速度对花生的剪切力有差异，不同花生样品的剪切速率也不相同，这可能与不同种类的质构有关<sup>[27]</sup>，张廷焕等<sup>[28]</sup>在猪肉剪切力测定的过程中发现，剪切速度越快，阻力越小，剪切力越小，这与本研究在 60 mm/min 至 100 mm/min 段剪切速度的研究相一致。

表2 黑、红花生样品物性参数的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of physical parameters of black and red peanut samples

参数	剪切力	脆性	硬度	弹性	内聚性	咀嚼性
压缩形变量	黑	/	0.397	0.895**	0.686*	-0.907**
	红	/	0.473	0.888**	0.911**	-0.915**
测试速度	黑	/	-0.871*	0.192	-0.454	0.313
	红	/	-0.917**	0.101	-0.321	-0.106
剪切速度	黑	0.623	/	/	/	/
	红	-0.156	/	/	/	/

注: \*\*表示极显著 ( $p<0.01$ ), \*表示显著 ( $p<0.05$ )。

在剪切速度达到 100 mm/min 之后, 剪切力结果呈现不稳定现象, 150 mm/min 剪切速度首次出现黑花生剪切力 (77.85±12.4 N) 明显大于红花生 (55.66±9.4 N), 且剪切力表现不稳定, 且组间差异也非常大, 不具备统计学意义。造成这样的原因可能是测试速度过快, 而花生是一种体积较小的样品, 高测试速度和小样品带来的不匹配, 导致系统误差增大, 因此建议剪切速度不大于 60 mm/min 避免系统检测差异。

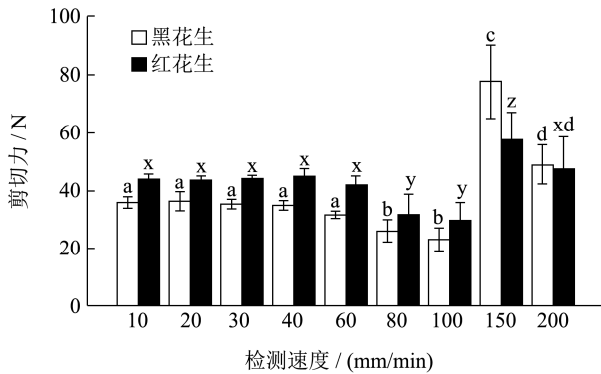


图8 剪切速度对红花生剪切力的影响

Fig.8 Effects of compression shape variable and test speed on the cohesion of peanut

注: 小写字母不同, 表示组间差异显著 ( $p<0.05$ )。

## 2.8 压缩形变量与测试速度对物性测试参数之间的相关性分析

质构测试是采用质构仪的探头来模拟人唇齿间的咀嚼运动, 探头所测得的特定数据来表示样品的物性特性, 这些物性特性所反映的是样品组织结构特性, 通过对质构参数的相关性分析可以发现哪些参数与检测关键点具有相关性。

表2描述了黑、红花生两种花生样品的物性参数与仪器检测关键控制点的相关性结果。其中黑、红花生的压缩形变量与脆性、硬度、弹性以及咀嚼性均呈正相关, 并且红花生硬度、弹性、咀嚼性与压缩性变量呈极显著相关性 ( $p<0.01$ ); 黑花生硬度、咀嚼性与

压缩形变量呈极显著相关 ( $p<0.01$ ), 弹性与压缩形变呈显著相关 ( $p<0.05$ ); 黑、红花生的内聚性与压缩形变量均呈负相关, 且达到极显著水平 ( $p<0.01$ )。测试速度方面, 黑花生的脆性、弹性以及咀嚼性和测试速度呈负相关, 其中脆性、咀嚼性达到显著水平 ( $p<0.05$ ), 硬度与内聚性和测试速度呈正相关, 但相关性不显著。红花生的脆性、弹性、内聚性、咀嚼性与测试速度呈负相关, 其中脆性为极显著水平 ( $p<0.01$ )、咀嚼性为显著水平 ( $p<0.05$ ), 硬度与测试速度呈正相关但没有统计学显著水平。黑、红花生的剪切速度与剪切力之间均没有显著水平的相关性。

## 2.9 感官结果分析

表3 黑、红花生样品感官品评结果

Table 3 Sensory evaluation results of black and red peanut samples

样品	酥脆度	细腻度	柔嫩度	总体接受度
黑花生	8.5±0.7 <sup>a</sup>	9.1±0.2 <sup>a</sup>	8.8±0.7 <sup>a</sup>	8.9±0.3 <sup>a</sup>
红花生	7.6±0.3 <sup>b</sup>	8.2±0.3 <sup>b</sup>	8.1±0.1 <sup>b</sup>	8.2±0.1 <sup>b</sup>

注: 同列小写字母不同, 表示差异显著 ( $p<0.05$ )。

由表3感官分析的结果可以看出, 两种花生间存在明显口感差异, 达到显著水平 ( $p<0.05$ )。黑花生的口感表现较为优异, 酥脆性、细腻度以及柔嫩度均优于红花生样品, 该结果与物性的测定的脆度、硬度、咀嚼性结果相一致, 表明物性测定结果确实可在一定程度上代替感官评定的指标。

## 3 结论

通过调节花生物性测定中的关键点, 即压缩形变量、测试速度、剪切速度等发现, 同一种样品在检测过程中, 不合适的压缩形变量会对硬度、弹性、内聚性、咀嚼性等物性参数造成显著影响 ( $p<0.05$ ), 因此确定压缩形变比在 35%~50%范围内, 对花生物性测定结果影响较小; 而测试速度会对花生样品脆性造成显著影响 ( $p<0.05$ ), 测试速度越高, 脆性值越低, 就本

研究而言,花生样品在 40 mm/min 测试速度测试脆性时,结果较为稳定;而在 60~100 mm/min 剪切速率时,速率越高,剪切力越低,同时过高的剪切速率会严重影响花生样品的剪切力稳定性,实验结果表明应控制剪切速率不高于 60 mm/min 以获得稳定的数据;感官品评的结果同质构测定结果相一致,表明在合适的测试参数下,质构测试的结果可部分替代感官品评,一定程度上提高了数据的客观准确性。

## 参考文献

- [1] 王志伟,王秀贞,唐月异,等.31 个花生品种(系)的生、熟花生感官品质评价研究[J].山东农业科学,2018,50(6):52-56  
WANG Zhi-wei, WANG Xiu-zhen, TANG Yue-yi, et al. Sensory evaluation for raw and roasted peanuts of 31 genotypes [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2018, 50(6): 52-56
- [2] 张立军,杜冬梅,王楫,等.花生覆膜栽培增产效果研究[J].现代农业科技,2010,13:44-45  
ZHANG Li-jun, DU Dong-mei, WANG Ji, et al. Study on the effect of peanut mulching on yield increase [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2010, 13: 44-45
- [3] 林英杰,李向东,周录英,等.花生不同种植方式对田间土壤微环境和产量的影响[J].水土保持学报,2010,24(3):131-135  
LIN Ying-jie, LI Xiang-dong, ZHOU Lu-ying, et al. Effects of different peanut planting patterns on field soil microenvironment and pod yield [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 24(3): 131-135
- [4] 巩阿娜,刘红芝,刘丽,等.原料特性对花生酱品质的影响[J].中国食品学报,2016,16(11):253-262  
GONG A-na, LIU Hong-zhi, LIU Li, et al. Influence of peanut material characteristics on peanut butter quality [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2016, 16(11): 253-262
- [5] 王丽,王强,刘红芝,等.花生加工特性与品质评价研究进展[J].中国粮油学报,2011,26(10):122-128  
WANG Li, WANG Qiang, LIU Hong-zhi, et al. Research progress on processing characteristics and quality evaluation of peanut [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2011, 26(10): 122-128
- [6] 刘云花.低温压榨花生油风味强化技术研究[D].秦皇岛:河北科技师范学院,2017  
LIU Yun-hua. Study on flavor enhancement technology of peanut oil pressed at low temperature [D]. Qinhuangdao: Hebei Normal University of Science and Technology, 2017
- [7] 林茂,吕建伟,马天进,等.花生挥发性风味物质研究进展[J].食品研究与开发,2013,34(12):106-110  
LIN Mao, LYU Jian-wei, MA Tian-jin, et al. Research progress on volatile flavor profiles of peanut [J]. Food Research and Development, 2013, 34(12): 106-110
- [8] 高蓓,章晴,杨悠悠,等.浓香花生风味物质研究存在问题及对策探析[J].分析测试技术与仪器,2015,21(4):205-211  
GAO Bei, ZHANG Qing, YANG You-you. Problem and strategy of flavor research in aromatic roasted peanut oil [J]. Analysis and Testing Technology and Instruments, 2015, 21(4): 205-211
- [9] Shuck, Waller G R. Volatile components of roasted peanuts: comparative analyses of the basic fraction [J]. Journal of Food Science, 2010, 36(4): 579-583
- [10] Miyagi A. Influence of Japanese consumer gender and age on sensory attributes and preference (a case study on deep-fried peanuts) [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2017, 97(12): 4009-4015
- [11] 周雪松,赵谋明.我国花生食品产业现状与发展趋势[J].食品与发酵工业,2004,6:84-89  
ZHOU Xue-song, ZHAO Mou-ming. Present situation and developing trend of peanut food industry in China [J]. Food and Fermentation Industries, 2004, 6: 84-89
- [12] 陈静,吴兰荣,张成松.花生感官品质研究[J].花生学报,2004, 33(1):24-27  
CHEN Jing, WU Lan-rong, ZHANG Cheng-song. Sensory quality of peanut [J]. Journal of Peanut, 2004, 33(1): 24-27
- [13] Xu J T, Gao L J, Li L F, et al. Optimization of texture determination of 'Yali' by texture analyzer [J]. Agricultural Biotechnology, 2018, 7(4): 125-128, 135
- [14] 赵志友,巢雨舟,袁思颂,等.软化方法对食用槟榔品质的影响[J].食品与机械,2017,33(7):189-193  
ZHAO Zhi-you, CHAO Yu-zhou, YUAN Si-song, et al. Effects of different softening methods on quality of edible areca [J]. Food & Machinery, 2017, 33(7): 189-193
- [15] 冯建英,李鑫,原变鱼,等.智能感官技术在水果检测中的应用进展及趋势[J].南方农业学报,2020,51(3):636-644  
FENG Jian-ying, LI Xin, YUAN Bian-yu, et al. Progress and trend of fruit detection by intelligent sensory technology [J]. Journal of Southern Agriculture, 2020, 51(3): 636-644
- [16] 周显青,邵珂,张玉荣.采用质构仪测定米粉条表面黏性的方法研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2020,41(2): 13-18  
ZHOU Xian-qing, SHAO Ke, ZHANG Yu-rong. Study on determination of the surface viscosity of rice noodles by texture analyzer [J]. Journal of Henan University of

- Technology (Natural Science Edition), 2020, 41(2): 13-18
- [17] 汪楠,汤云龙,张晓,等.My Boy II 食品物性分析仪在稻米品质食味研究中的应用[J].天津农学院学报,2019,26(4):58-60, 76
- WANG Nan, TANG Yun-long, ZHANG Xiao, et al. Application of My Boy II system tensipresser in the study of rice quality and palatability [J]. Journal of Tianjin Agricultural University, 2019, 26(4): 58-60, 76
- [18] Brookfield P L, Nicoll S, Gunsonf A, et al. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture [J]. Postharvest Biologu and Technology, 2011, 59(2): 179-186
- [19] Wang Q, Wang X M, Chen J S. A new design of soft texture analyzer tribometer (STAT) for *in vitro* oral lubrication study [J]. Food Hydrocolloids, 2021, 110: 106146
- [20] 林茂,黄道梅,宋光艳,等.花生品质特性及加工技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2019:99-101
- LIN Mao, HUANG Dao-mei, SONG Guang-yan, et al. Peanut Quality Characteristics and Processing Technology [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2019: 99-101
- [21] Drozas A E, Tsami E, Saravacos G D. Microwave /vacuum drying of model fruit gels [J]. J Food Eng, 1999, 39(2): 117-122
- [22] 黄黎慧.食品主要成分对微波食品风味的影响[J].江苏调味副食品,2005,5:37-39
- HUAN Li-hui. Influence of food's ingredient in microwave food's cuisine [J]. Jiangsu Condiment and Subsidiary Food, 2005, 5: 37-39
- [23] 张开诚.微波加热与传统加热对食品风味影响的探讨[J].武汉食品工业学院学报,1999,2:3-5
- ZHANG Kai-cheng. Study of the effect of microwave heating and conventional heating on the special flavor of foods [J]. Journal of Wuhan Polytechnic University, 1999, 2: 3-5
- [24] 郑秀艳,孟繁博,林茂,等.(60)Co- $\gamma$  辐照对花生杀菌效果及其品质的影响[J].现代食品科技,2018,34(1):91-96,67
- ZHENG Xiu-yan, MENG Fan-bo, LIN Mao, et al. Effects of  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -irradiation on the sterilization and quality of *Arachis hypogaea* L [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(1): 91-96, 67
- [25] 杜睿.黑花生主要品质性状及原花色素提取研究[D].广州:华南农业大学,2016
- DU Rui. Study on main quality characters and extraction of proanthocyanidins in black peanut [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2016
- [26] 李春红,潘家荣,张波.物性测试仪对休闲食品酥脆性的测量[J].现代科学仪器,2008,6:59-62
- LI Chun-hong, PAN Jia-rong, ZHANG Bo. The crispness measurements of snack foods using texture analyzer [J]. Modern Scientific Instruments, 2008, 6: 59-62
- [27] Ktari N, Smaoui S, Trabelsi I, et al. Chemical composition, techno - functional and sensory properties and effects of three dietary fibers on the quality characteristics of Tunisian beef sausage [J]. Meat Science, 2014, 96(1): 521-525
- [28] 张廷焕,陈磊,潘红梅,等.不同的制样温度、方向和剪切速度对猪肉剪切力测定的影响[J].食品工业科技,2016,37(4): 138-141,146
- ZHANG Ting-huan, CHEN Lei, PAN Hong-mei, et al. Effect of evaluating pork shear force by different sampling temperature, orientation and shear speed [J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(4): 138-141, 146