

测试条件对莴苣组织 TPA 质地参数的影响

姜松 覃婷婷 (江苏大学食品与生物工程学院, 江苏镇江 212013)

摘要 [目的] 研究测试条件对莴苣质地参数的影响, 优化其 TPA 质地评价的测试参数。[方法] 采用 TA-XI2i 型物性仪的 TPA 模式对莴苣进行测试, 研究了 1、5、10 mm/s 的压缩速度和 10%~80% 的压缩程度对莴苣 TPA 质地参数的影响。[结果] 当压缩量在 32% 左右时会发生莴苣试样的破裂, 破损方式为与试样的径向呈 60°。压缩程度对硬度、内聚性、弹性、回复性和咀嚼性 5 个 TPA 参数的影响都是极显著的, 而压缩速度对硬度没有影响, 对其他 4 个 TPA 参数有极显著影响。[结论] 选择 1 mm/s 的压缩速度和 40% 的压缩程度作为莴苣组织质地的测试条件, 可避免高速度对组织带来的冲击载荷, 并且能全面完整地反映莴苣组织的质地特征。

关键词 莴苣; TPA; 质地

中图分类号 S636.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)24-10319-03

Influence of Test Conditions on Textural Parameters of Lettuce Tissues by TPA

JIANG Song et al (College of Food and Biological Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013)

Abstract [Objective] The aim was to study the influence of test conditions on the texture parameters, and to optimize the test parameters for its texture evaluation by TPA. [Method] The lettuce was tested with TPA model of TA-XI2i physical property apparatus. The influence of compression speed with 1, 5 and 10 mm/s and that of compression degree from 10% to 80% on the TPA texture parameters of lettuce were investigated. [Result] About 32% compression amount could cause the rupture of lettuce sample, and rupture mode had 60° with radial of sample. Compression degree had an extremely significant influence on 5 TPA texture parameters such as hardness, cohesion, flexibility and the characters of recovery and chewiness, while compression speed had no influence on hardness, but had extremely obvious influence on the other 4 TPA texture parameters. [Conclusion] With 1 mm/s compression speed and 40% compression degree as the test condition for the texture of lettuce tissue, it could avoid the impact load of high speed on the tissue and completely reflect the tissue characters of lettuce tissue.

Key words Lettuce; TPA; Texture

莴苣又名莴笋, 其肉质细嫩、口感清脆, 又含有独特的营养价值 and 保健功能, 是人们喜欢的时鲜蔬菜之一。但其外表皮易纤维化, 嫩叶易损伤, 不耐长期贮藏。放置长时间后, 会出现外观萎蔫褐变现象, 其内部质地必然也发生了很大变化。目前, 有关莴苣组织质地特征分析的研究尚未见报道。

使用物性仪进行质地剖面分析(TPA)在食品行业中应用广泛^[1], 也在多种果蔬中被用于进行质地评价^[2-3], 但是国内外尚未见其在莴苣组织质地评价上的应用。而且物性仪的试验测试条件对物料的质地参数会有很大的影响。因此, 笔者研究了测试条件对莴苣质地参数的影响, 优化了其 TPA 质地评价的测试参数, 为今后更全面地研究其质地特征和品质变化提供一定的基础。

1 材料与方 法

1.1 材料 将从当地农贸市场购买的新鲜莴苣去皮, 制成直径为 10 mm, 高度为 10 mm 的圆柱体试样, 备用。

1.2 TPA 测试 用英国 SMS 公司的 TA-XI2i 物性仪进行试验。采用 P100(直径为 100 mm) 平板探头, 测试条件确定如下: 测前和测后速率为 1 mm/s; 测试速率分别设为 1、5、10 mm/s 3 个水平; 压缩变形量分别设为样高的 10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80% 8 个水平; 停留间隔 5 s; 数据采集率 200 pps。每组试验 3 次重复, 结果取其平均值。

2 结果与分析

2.1 莴苣的破裂点与破损形态分析 图 1 为莴苣的 TPA 测试曲线。使用物性仪自带的宏文件, 计算出在第 1 次压缩过程中, 达到最大峰值 F_{max} 处的距离 S , 2 次压缩过程的最大力之比 F_2/F_1 以及 2 次压缩的面积比 A_2/A_1 。

表 1 为不同测试条件下的 TPA 参数值。由 S 值可看出,

在小变形压缩范围内(10%~30%), S 随着压缩程度的增大而增加, 试样没有出现明显的组织破损。此时 S 值等于测试压缩量。当压缩程度大于 30% 时, 一次压缩曲线上出现了多个峰值, 此时 F_{max} 可称为破裂力或者脆性, S 则可以看成是莴苣组织破裂处的压缩量, 它并没有随着压缩程度的增大而继续增加, 反而保持在某个稳定的范围内。此时的 S 值小于测试压缩量。

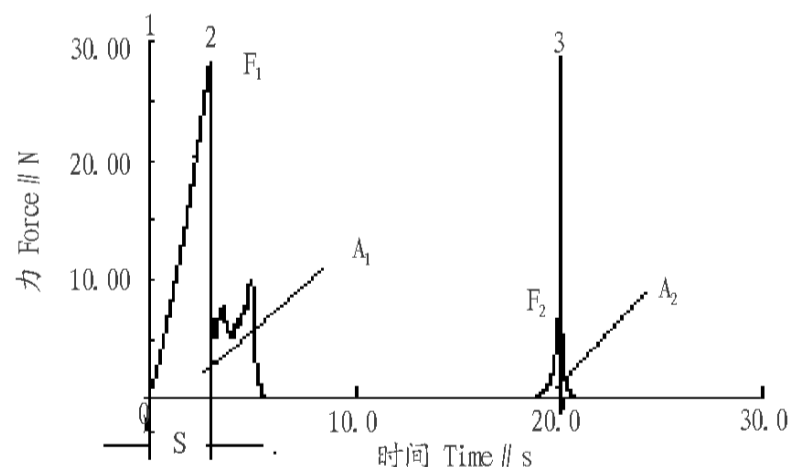


图 1 莴苣的 TPA 测试曲线

Fig. 1 TPA curve of lettuce

2 次压缩力之比 F_2/F_1 和压缩面积比 A_2/A_1 的值都可以反映试样受力后的恢复状态和凝聚性。当压缩程度在 10%~30% 时, F_2/F_1 都在 0.9 以上, 接近于 1。说明此压缩范围内莴苣组织恢复性好, 无明显受损。当压缩度达到 40% 以后, F_2/F_1 远偏离 1, 说明此时莴苣受到了不可恢复的破损。同理, 40%~80% 压缩范围内的 A_2/A_1 也远小于 10%~30% 压缩范围内的值, 说明莴苣内部的凝聚性变差。

综合表 1 得知, 不同的压缩程度和不同的压缩速度均对试验结果有影响。由于取样过程中的样高间的实际高度差, 以及试样组织间质地的区别, 都会给试验结果带来误差, 再结合表 1 各破裂点处的位移量的平均值, 因此最终认为, 压缩量在 32% 左右, 会产生莴苣组织的破裂。

表1 不同测试条件下的曲线参数值

Table 1 Curve parameters under different experimental conditions

压缩变形量 Compress variation	1 mm/s			5 mm/s			10 mm/s		
	S	F ₂ /F ₁	A ₂ /A ₁	S	F ₂ /F ₁	A ₂ /A ₁	S	F ₂ /F ₁	A ₂ /A ₁
10%	1.005	0.942	0.679	1.175	0.939	0.896	1.300	0.920	0.962
20%	2.005	0.932	0.432	2.175	0.916	0.615	2.300	0.919	0.680
30%	3.005	0.928	0.409	3.175	0.915	0.412	3.200	0.903	0.483
40%	3.057	0.637	0.022	3.205	0.725	0.088	3.350	0.714	0.107
50%	3.150	0.303	0.075	3.235	0.392	0.226	3.500	0.547	0.184
60%	3.305	0.277	0.038	3.400	0.209	0.134	3.300	0.443	0.254
70%	3.285	0.474	0.060	3.280	0.433	0.200	3.400	0.638	0.235
80%	3.427	0.416	0.037	3.334	0.532	0.176	3.300	0.692	0.280

同一压缩速度,不同压缩程度下的莴苣试样的破裂形态图如图2。压缩程度在10%~30%时,经过2次压缩后,试样外观没有明显变化,没有发现表观上的破损(图2a)。当压缩量到32%左右时,莴苣试样中部出现了沿着径向60°角的组织分离破裂,但是整体形态保持完整,没有散开(图2b)。这种现象可能与其内部组织纤维的生长方向有关,不同走向的组织纤维,抵抗外力的能力不同,因此会导致沿着一定角度发生破损。这与国外对叶状类蔬菜的受力研究的结果相似^[4]。当压缩程度在50%时(图2c),除了中部组织的明显破损外,边缘也会出现局部崩塌。当压缩程度到了60%和大于60%之后(图2d),压缩过后,莴苣试样完全破裂,组织完全被压烂。

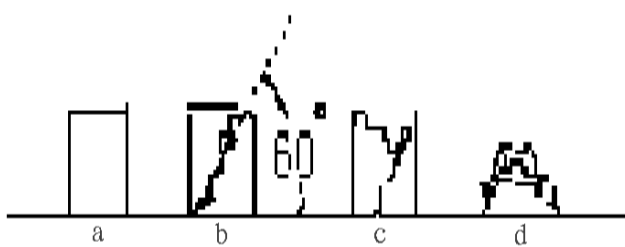
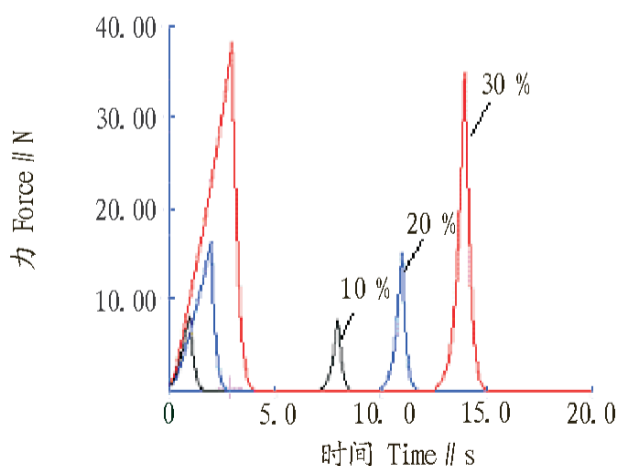


图2 莴苣的破损形态

Fig. 2 Disrepair shape of lettuce

2.2 TPA 曲线 在测试过程中,分别记录了3个压缩速率水平(1, 5, 10 mm/s), 8个压缩程度水平(10%~80%)下的TPA质地图谱(力—时间曲线),从力—时间曲线上又可得



注:a 压缩程度10%~30%;b 压缩程度40%~80%。

Note :a degrees of compression within 10% - 30% ;b degrees of compression from 40% to 80% .

图3 压缩速度1.0 mm/s,压缩程度从10%~80%的TPA 曲线

Fig. 3 TPA curve at 1.0 mm/s and degrees of compression varying from 10% to 80%

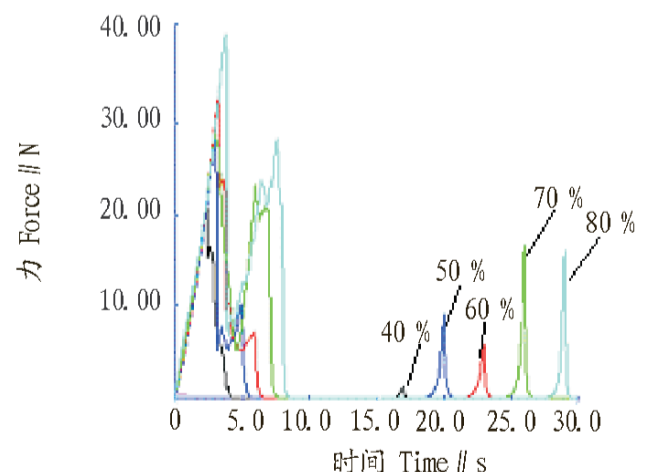
2.3 不同压缩速度和压缩程度下的TPA 参数 在TA-XT2i物性仪提供的TPA 参数中,选择硬度、内聚性、咀嚼性、弹性和回复性作为观察压缩速度和压缩程度对其影响的指标。表2为2个影响因素对莴苣TPA 质地参数的影响分析。由F 值可以看出,压缩程度对于试样各参数的影响比压缩速度

到质地特性参数。图3为压缩速率1 mm/s,压缩程度从10%~80%的TPA 测试图谱。其余2个速度下的TPA 曲线的形状也类似。

由图3a可知,当压缩程度为10%时,2次压缩的曲线形态几乎一样,说明试样处于弹性变形范围内。当压缩程度增大到20%和30%时,2次压缩的曲线无论是面积还是高度,都有了不一致的区别,说明莴苣产生了不可恢复变形,其组织的抵抗力下降,内部结构发生了微小破损。

由图3b可知,当压缩程度在40%~80%时,TPA 测试曲线上出现了3个以上的峰。其中莴苣组织经历了这样一个过程,即弹性压缩阶段 屈服阶段 开始破裂 继续压缩直至被压碎致压实阶段。

综合分析图3得知,当压缩程度较小时,压缩和返回部分的曲线几乎对称,这说明了在较低的压缩变形下,莴苣组织表现出较强的瞬间恢复能力,其内部结构没有受到显著破坏。随着压缩程度的增加,曲线逐渐没有表现出来很好的对称性,表明莴苣组织的快速恢复没有跟上压缩变形。这是由于较大的压缩程度,对物料内部结构潜在的破坏比较大,而相应的恢复能力比较差,这意味着变形削弱了物料的结构。当压缩程度超出了试样的破裂范围时,曲线就表现出了完全的不对称性,压缩段曲线范围明显大于回复段曲线范围。



要更显著。

图4为不同压缩程度和压缩速度下各TPA 参数的变化。压缩速度对莴苣组织的硬度值没有显著影响;然而,压缩程度显著影响硬度值(P < 0.01)。压缩程度在32%以内时,硬度值随着压缩程度的增加而增加,当超过32%时,硬度值开

始下降;当压缩程度达到80%时候,硬度值明显大于之前的。这可能是由于在较高的压缩程度下,垮掉的莴苣组织结构被压紧压实的缘故。

表2 压缩速度和压缩程度对TPA 质地参数的影响

Table 2 Effects of deformation rate and degree of compression on TPA textural parameters

项目 Item	F 值 F value				
	硬度 Hardness	内聚性 Cohesiveness	弹性 Flexibility	回复性 Resilience	咀嚼性 Chewiness
压缩速度 Compression speed	3.321	37.067**	27.412**	41.828**	6.908**
压缩程度 Compression degree	65.243**	150.233**	146.899**	90.373**	30.935**

注:* 和** 分别表示在0.05 和0.01 水平差异显著。

Nte:* and ** stand for significant differences at 0.05 and 0.01 levels.

在莴苣质地TPA 参数中,内聚性受到压缩速度和压缩程

度的影响最显著(F 值最大)。大致规律是压缩越快,内聚性越大。在破裂变形范围内,10 mm/s 压缩速度下的内聚性值最大,1 mm/s 速度下的内聚性最小(图4)。当压缩程度在32%以内时,内聚性随着压缩程度的增加而显著减小。压缩程度在50%~80%内聚性则无明显差别。

压缩速度和压缩程度对莴苣组织的弹性的影响也极其显著(P 0.01),弹性也随着压缩速度的增大而增大。弹性值在压缩程度为10%时候接近于1(图4)。当压缩量在32%以内时,随着压缩量的增大弹性逐渐下降;压缩程度在40%~80%时,弹性值则无明显差别。

咀嚼性受压缩速度和压缩程度2 因素的影响极显著(P 0.01)。这可能是由于咀嚼性被定义为硬度×内聚性×弹性,因此受到这3 个参数的综合影响。咀嚼性随着压缩速度的增大而增大。由图4 可以看出,3 种压缩速度下的咀嚼性有明显差别。当压缩程度在30%以内时,随着压缩程度的增大咀嚼性也增加;压缩程度在50%~80%时,咀嚼性值无明显变化。

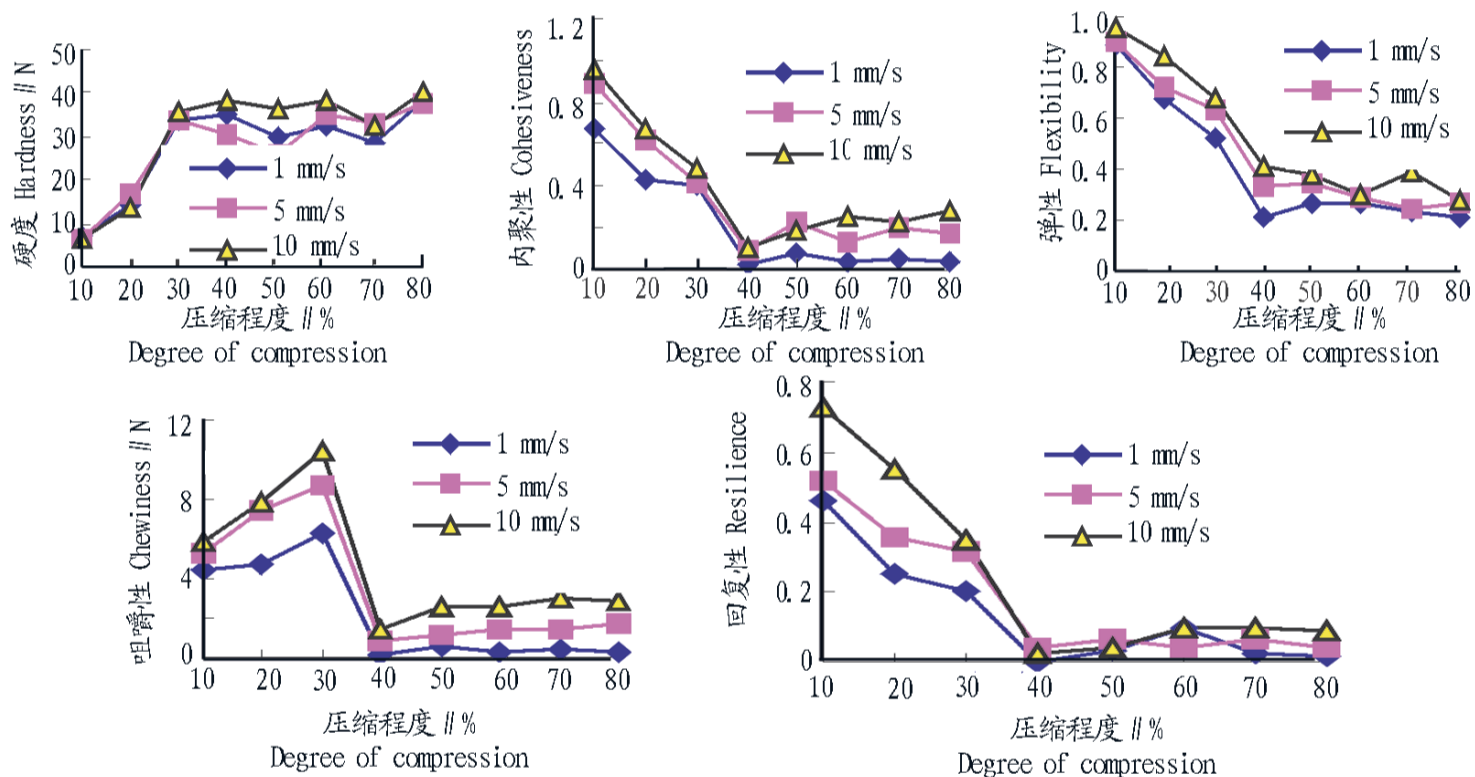


图4 不同压缩速度和压缩程度下的TPA 参数值

Fig 4 TPA parameters at different deformation rates and degrees of compression

莴苣组织回复性受到压缩程度和压缩速度的影响也很显著(表2)。在莴苣组织受到严重破坏之前(压缩量32%以内),回复性随着压缩程度的增大而减小,随着压缩速率的增大而增大。在压缩程度40%~80%时,3 种压缩速率下的回复性没有显著区别。

不同的压缩速度对于各质地参数的影响趋势大体一致,因此,为了避免产生冲击载荷,将使用1 mm/s 作为今后莴苣TPA 质地测试的速度。而莴苣组织在压缩程度为40%时,首次出现了明显的表观上的破损,并随着压缩程度的增加,破损状况不断加重,所以为了观察较完整的整体性的TPA 变化,在今后的试验中将选用40%的压缩量进行TPA 测试。

3 结论

莴苣组织的压缩破裂点发生在压缩量32%左右,而且破

损方式为与试样的径向成60°角。使用TPA 测试时,莴苣的质地受到压缩速度和压缩程度的影响很显著,其中内聚性和咀嚼性是受到压缩速度和压缩程度影响最为显著的2 个质地参数。选择1 mm/s 的压缩速度和40%的压缩程度作为莴苣组织质地的测试条件,可以避免高速度对组织带来的冲击载荷以及全面完整地反映莴苣组织的质地特征。

参考文献

- [1] HARRY T L, HILDEGRADE H. 食品感官评价原理与技术[M]. 王栋, 李崎, 华兆哲, 等, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2001: 64- 84.
- [2] 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA) 方法对苹果采后质地变化的检测[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 166- 170.
- [3] 姜松, 冯峰, 赵杰文. 应用灰色系统理论研究胡萝卜货架期的品质变化[J]. 食品科学, 2007, 28(11): 561- 564.
- [4] TOOLE G A, PARKER M L, SMITH A L. Mechanical properties of lettuce[J]. Journal of Materials Science, 2000, 35(14): 3553- 3559.