



质地多面剖析法测定模式下取样规格对质构参数的影响

史智佳, 吕 玉, 臧明伍, 乔晓玲*
(中国肉类食品综合研究中心, 北京 100068)

摘 要: 为明确取样规格对质构参数测定结果的影响, 本实验以蒜肠和鸡泥肠为对象, 研究在质地多面剖析法(TPA)测定模式下取样规格对样品的硬度、弹性、内聚性和回复性的影响。结果显示: 取样的高度、直径和径高比是影响样品的硬度、弹性和内聚性的主要因素; 取样规格与回复性相关性不显著。模型拟合及方差分析结果显示, 只有样品的硬度可以建立准确的拟合模型。

关键词: 香肠; 取样规格; 全质构分析; 可比性

Effects of Sample Specifications on Results of Determination of Texture Profile Analysis Parameters of Sausages

SHI Zhi-jia, LÜ Yu, ZANG Ming-wu, QIAO Xiao-ling*
(China Meat Research Center, Beijing 100068, China)

Abstract: This study aimed at examining the effects of sample specifications on results of determination of texture profile analysis (TPA) parameters (hardness, springiness, cohesiveness and resilience) of garlic pork sausages and chicken sausages. The height, diameter and diameter/height ratio of samples were identified as main factors that influence hardness, springiness and cohesiveness. No significant correlation was observed between sample specifications and resilience. The results of model fitting and analysis of variance indicated that only hardness allowed the establishment of an accurate fitted model.

Key words: sausage; sample specifications; texture profile analysis(TPA); comparability

中图分类号: TS207.3; TS251.65

文献标识码: A

文章编号: 1001-8123(2012)10-0026-04

质构仪(texture analyser)又叫物性测试仪, 可对样品的物性概念做出数据化的表述, 是国内外很多研究机构的重要研究仪器和研究手段, 也是业内公认物性(质构)标准检测仪器。质地多面剖析法(texture profile analysis, TPA)是质构仪利用特定探头模拟人口腔的咀嚼运动, 对样品进行两次压缩, 通过软件对输出数据进行分析而同时得出多种质构特性参数的方法。它把样品的质地感官知觉与其力学性质、几何特性结合起来进行定义, 从而使质地的感官评价信息可以用客观的方法相互沟通或传递, 可以弥补感官评价的不足^[1]。TPA适用于香肠的质构特性分析, 压缩比例一般为75%, 可以获得香肠硬度(hardness)、黏着性(adhesiveness)、弹性(springiness)、内聚性(cohesiveness)、咀嚼性(chewiness)、回复性(resilience)等质构特性指标。已有研究表明, 在TPA测定模式下, 样品质构特性的测定结果受测试条件影响显著, 见诸报道的测试条件主要涉及温度、测前速率、压缩变形量、测试

速率、两次压缩过程的时间间隔等^[2-5]。但在实际应用过程中发现, 尽管测定模式和参数设定一致, 可数据结果却不尽相同, 导致这一问题发生的根本原因就是取样规格的不一致。因此, 为明确取样规格对样品质构特性的影响, 本实验以鸡泥肠和蒜肠为对象, 研究取样规格对硬度、弹性、内聚性和回复性的影响。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

鸡泥肠、蒜肠, 均由中国肉类食品综合研究中心试验厂提供。

1.2 仪器与设备

TA-XT plus质构仪 英国Stable Micro System公司。

1.3 方法

1.3.1 取样规格

收稿日期: 2012-08-20

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903012)

作者简介: 史智佳(1982—), 男, 工程师, 硕士, 研究方向为肉品质量安全控制技术。E-mail: szj2006@sina.com

*通信作者: 乔晓玲(1964—), 女, 高级工程师, 研究方向为肉品科学和加工技术。E-mail: cmrcsen@126.com

使用圆形管取样器及切刀, 取得直径(mm)×高度(mm)分别为15×20、15×15、15×10和11×11的样品各12个。

1.3.2 质构仪参数设置

使用平底柱形P/50探头; 测前速率为2mm/s, 测试速率为1.0mm/s, 测后速率为1.0mm/s, 压缩比为75%; 负载质量为5g; 两次压缩间隔时间为5s; 数据采集率为200s⁻¹。

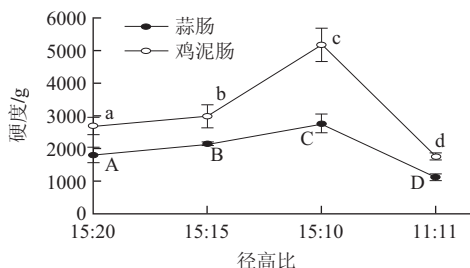
1.4 数据处理

运用SPSS Statistics 17.0和Sigma Plot 10.0统计分析软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 不同取样规格对产品质构特性的影响

2.1.1 取样规格对硬度的影响



对鸡泥肠而言, 不同小写字母之间差异显著($P<0.05$); 对蒜肠而言, 不同大写字母之间差异显著($P<0.05$)。下同。

图1 取样规格对样品硬度值的影响

Fig.1 Effects of sampling specifications on hardness

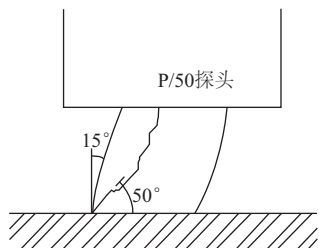


图2 火腿肠第一次压缩时的破裂图^[2]

Fig.2 Schematic representation of sausage fracture in the first compression cycle^[2]

硬度是描述与食品变形或穿透产品所需的力有关的机械质地特性, 是食品保持形状的内部结合力^[3]。由图1可知, 在取样直径不变的情况下, 蒜肠和鸡泥肠的硬度随取样高度的减小而显著增大; 在取样高度基本一致的情况下, 硬度随取样直径的减小而显著降低。取样高度对样品硬度的影响主要与压缩过程中产生的挤压堆积作用有关。挤压堆积作用与样品的压缩量和高度有很大关系。一般而言, 样品压缩变形量越大挤压堆积作用越

强, 对探头的抵抗力增大^[2]; 样品高度越小, 产生的堆积作用越强。图中直径:高度(径高比)为15mm:20mm时的硬度小于15mm:15mm和15mm:10mm, 主要原因是样品在压缩过程中会发生破裂, 如图2所示。样品破裂后, 部分碎块会发生倾倒, 导致在有效压程内抵抗探头压力的样品减少, 进而导致硬度相对较小; 而样品高度减小后, 碎块发生倾倒的程度降低, 更多的样品直接抵抗探头压力, 使得硬度变大。

2.1.2 取样规格对弹性的影响

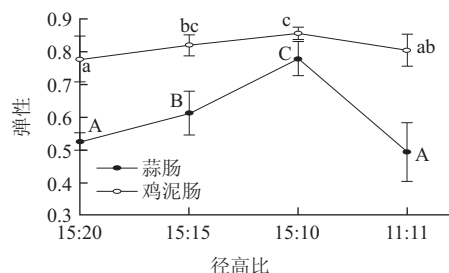


图3 取样规格对样品弹性的影响

Fig.3 Effects of sampling specifications on springiness

弹性表示物体在外力作用下发生形变, 撤去外力后恢复原来状态的能力^[6]。由图3可知, 在取样直径不变的情况下, 取样高度对蒜肠和鸡泥肠的弹性均产生了显著影响, 但不同取样高度产生的影响的程度不同; 在取样高度基本一致的情况下, 取样直径越大, 弹性越大。原因可能是样品在75%的压缩量条件下, 在压缩过程中会发生破裂倾倒现象, 内部紧密的组织结构遭到破坏。在取样直径不变的情况下, 取样高度越小, 样品越不易发生破裂和倾倒, 保持原有形状的能力就越强, 因此获得的弹性约大。而在取样高度基本一致的情况下, 取样直径的增大取得了与取样高度不变取样高度变小一样的效果, 即样品的径高比增大, 不易发生破裂和倾倒, 导致弹性增大。

2.1.3 取样规格对内聚性的影响

内聚性反映咀嚼食物时食物抵抗受损并紧密连接, 使食物保持完整的性质^[6]。由图4可知, 对于鸡泥肠而言, 当取样直径不变时, 内聚性随取样高度呈先下降后上升的趋势; 而当取样高度基本一致时, 取样直径的减小导致内聚性值亦减小。对于蒜肠而言, 除直径:高度为15mm:10mm外, 其余各个取样规格未对样品的内聚性产生显著影响。同时, 当两种样品的径高比 ≥ 1 时, 样品的内聚性均显示了上升的趋势, 其原因是相较于径高比较小的样品, 径高比大的样品在压缩过程中的挤压堆积作用更强, 使得样品内部相互黏连的作用力更大。一般而言, 样品的压缩量超过50%时会发生破裂和倾倒的现象, 但样品破裂倾倒一般只发生在高度大于直径(细长的圆柱)的情况下。鸡泥肠在直径:高度为15mm:20mm时具

有较高的内聚性值，可能是由于压缩过程中发生破裂倾倒，间接导致径高比增大造成的。

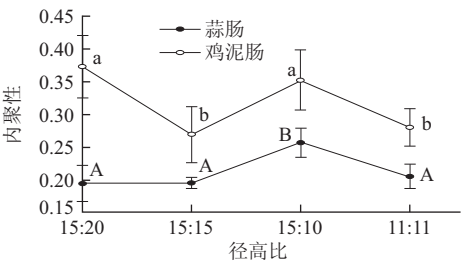


图4 取样规格对样品内聚性的影响
Fig.4 Effects of sampling specifications on cohesiveness

2.1.4 取样规格对回复性的影响

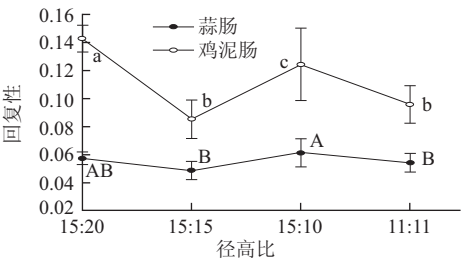


图5 取样规格对样品回复性的影响
Fig.5 Effects of sampling specifications on resilience

回复性反映了食品以弹性变形保存的能量，表示变形样品在与导致变形同样的速度、压力条件下回复的程度^[6]。由图5可知，样品回复性的变化趋势与内聚性变化相基本一致，相关性分析结果(表1)显示两者且显著相关。正如前面所述，径高比较小的样品在压缩过程中容易发生破裂倾倒，使得径高比变大，在挤压堆积作用力的作用下使得样品内聚性增大。内聚性的增大有助于样品回复性的提升。另外，在75%的压缩量条件下，鸡泥肠的回复性整体上好于蒜肠。

表1 样品内聚性和回复性间的相关性分析

样品	Pearson相关性	显著性(双侧)
蒜肠	0.516	0.002
鸡泥肠	0.955	0.000

2.2 取样规格对产品质构参数相关性分析

上述研究结果表明，取样规格会对样品的硬度、弹性、内聚性和回复性产生显著影响。为确定究竟是取样规格中的哪些指标对测试结果产生了显著影响，本研究对实验数据进行了相关性分析，分析结果见表2。

两个变量间的相关性用相关系数 r 来表示。一般来讲，如果两个变量间的 $|r| \geq 0.8$ ，可视为两个变量之间高度相关， $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时可视为中度相关， $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时可视为低度相关， $|r| < 0.3$ 说明两个变量之间的相关程度极弱，可视为不相关。当然，上述解释需建立在对相关系数的显著性检验基础之上。

从表2可以看出，对于蒜肠而言，其硬度与取样直径高度相关，与径高比中度相关，而与总表面积低度相关；其弹性值与直径和径高比中度相关，而与高度低度相关；其内聚性与高度和径高比中度相关，而与侧面积低度相关；其回复性同鸡泥肠一样，与所有因素不相关。对于鸡泥肠而言，其硬度与径高比高度相关，与直径中度相关，而与高度低度相关；其弹性与径高比中度相关，而与高度和侧面积低度相关；其内聚性与直径低度相关。这说明对于不同的样品，取样规格对其质构特性的影响不尽相同，但径高比^[7]、高度和直径为主要影响因素。

2.3 逐步回归法多元线性回归分析

对与样品的质构参数相关系数 $|r| > 0.3 (P < 0.05)$ 的因素采用逐步回归法进行多元线性回归分析，分别获得蒜肠和鸡泥肠的硬度、弹性和内聚性的最佳拟合模型(表3)，各模型的方差分析结果如表4所示。

表2 样品规格尺寸与质构特性参数的相关性分析

Table 2 Correlation analysis between sample specifications and TPA parameters

因素		蒜肠				鸡泥肠			
		硬度	弹性	内聚性	回复性	硬度	弹性	内聚性	回复性
高度	相关系数	-0.037	-0.347*	-0.505**	-0.088	-0.392*	-0.424**	0.182	0.226
	P值	0.827	0.045	0.002	0.611	0.014	0.006	0.255	0.166
直径	相关系数	0.808**	0.538**	0.169	0.098	0.592**	0.150	0.329*	0.289
	P值	0.000	0.001	0.332	0.568	0.000	0.348	0.036	0.074
径高比	相关系数	0.618**	0.763**	0.744**	0.262	0.820**	0.535**	0.139	0.085
	P值	0.000	0.000	0.000	0.122	0.000	0.000	0.385	0.607
体积	相关系数	0.323	-0.009	-0.288	-0.019	-0.048	-0.248	0.278	0.296
	P值	0.051	0.958	0.093	0.915	0.772	0.118	0.079	0.068
侧面积	相关系数	0.203	-0.128	-0.369*	-0.043	-0.174	-0.316*	0.249	0.277
	P值	0.229	0.471	0.029	0.804	0.290	0.044	0.117	0.088
总表面积	相关系数	0.379*	0.048	-0.247	-0.007	0.015	-0.213	0.289	0.302
	P值	0.021	0.788	0.152	0.968	0.929	0.182	0.066	0.062

注：SPSS 数据分析软件相关性检测模块 Pearson 方法双尾检测。



表3 质构特性参数模型拟合结果
Table 3 Model fitting results for TPA parameters against sampling specifications

质构特性	蒜肠	鸡泥肠
硬度	硬度= $-2952.2+252.33 \times \text{直径}+1289.0 \times \text{径高比}$	硬度= $-9109.6+7450.8 \times \text{径高比}+309.84 \times \text{高度}$
弹性	弹性= $-0.162+0.335 \times \text{径高比}+0.0292 \times \text{直径}$	弹性= $0.709+0.099 \times \text{径高比}$
内聚性	内聚性= $-0.121+0.087 \times \text{径高比}$	内聚性= $0.156+0.0113 \times \text{直径}$

注：表中直径和高度是以 cm 为单位。

表4 拟合模型的方差性分析
Table 4 ANOVA results of the fitted models

参数	蒜肠			鸡泥肠		
	硬度	弹性	内聚性	硬度	弹性	内聚性
R^2	0.923	0.756	0.554	0.930	0.286	0.108
R^2_{Adj}	0.919	0.741	0.541	0.926	0.268	0.085
F值	203.920	48.164	41.017	239.198	15.635	4.722
P值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036

表3数据进一步证明，影响样品质构特性的取样规格参数主要为直径、高度和径高比。由表4可知，蒜肠和鸡泥肠的硬度拟合模型的 R^2 值分别为0.923和0.930，说明回归线与回归数据间的相对适配度极佳，直径和径高比与径高比和高度能够分别解释模型92.3%和93.0%的响应值变化，也即建立的模型准确度很高^[8]。而其余各质构特性拟合模型，除蒜肠的弹性模型拟合度较好外($R^2=0.756$)，其余模型拟合度均很低，无法用于响应值预测。

3 结论与讨论

在TPA测定模式下，取样的高度、直径和径高比是影响样品硬度、弹性和内聚性测定值的主要因素；样品的回复性与取样规格的相关性不显著；取样体积与样品的质构参数相关性不显著；样品的侧面积和总表面积与其质构特性呈低度相关。这就要求在今后的科研工作中，应严格按照取样规格取样，减少人为误差。

同时，研究结果还表明，取样规格对不同的样品的

质构特性有着不同影响，因此在今后科研工作值应该针对不同产品进行相关研究，以确定并克服主要因素的影响，确保质构数据的有效性。

此外，数据分析结果表明，样品硬度的拟合模型准确度高，可以用于响应值预测，这为实现在不同取样规格条件下取得样品的硬度数据的可比性提供了可能。

当前，产品质构数据采集后面临的最大问题就是不同取样规格带来的数据间可比性差的问题，因此，研究如何实现同一种样品不同取样规格条件下取得的质构数据间的可比性具有重要意义。

参考文献：

- [1] 郝洪涛, 赵改名, 柳艳霞, 等. 肉类制品的质构特性及其研究进展[J]. 食品与机械, 2009, 25(3): 125-128.
- [2] 姜松, 边兴伟, 赵杰文. 测试条件对鸡肉火腿肠TPA质地参数的影响[J]. 食品科学, 2009, 30(1): 54-58.
- [3] 郭兴凤, 慕运动. 几种因素对肉制品质构测定结果的影响[J]. 食品工业科技, 2005, 27(5): 51-53.
- [4] 尤文辉, 李红伟, 张杰, 等. 测定因素对火腿肠质构特性值的影响[J]. 食品工业科技, 2006, 27(4): 60-62.
- [5] 尤文辉, 孟少华, 李素霞, 等. 测定条件差异与火腿肠质构特性值的相关性研究[J]. 食品与机械, 2005, 21(5): 12-16.
- [6] 郝洪涛. 火腿肠质构标准的构建[D]. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [7] MITTAL G S, NADULSKI R, BARBUT S, et al. Textural profile analysis test conditions for meat products[J]. Food Science, 1992, 25(6): 411-417.
- [8] 史智佳, 李兴民. 响应曲面法建立乳酸菌高压二氧化碳杀菌模型[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 89-93.