

油炸马铃薯条的感官评价与仪器测定指标的相关分析

张建辉, 徐晓云*, 王克勤, 胡羽翔, 钟思琼, 潘思轶
(华中农业大学食品科学技术学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:通过对速冻马铃薯条的感官评价和仪器测试(剪切、TPA压缩), 分析感官评价项目与仪器测定指标的相关性, 得到了感官评价项目的回归方程并建立了预测模型。然后通过样品的测定数据对预测模型进行验证, 分析预测的平均误差在3.85%~5.98%之间, 表明模型能较好的预测薯条的感官品质。

关键词:速冻马铃薯条; 质构; 感官评价; 仪器测定; 回归分析

Correlation Analysis between Sensory Evaluation and Instrumental Measurement of French Fried Potatoes

ZHANG Jian-hui, XU Xiao-yun*, WANG Ke-qin, HU Yu-xiang, ZHONG Si-qiong, PAN Si-yi
(College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: The aim of this study is to evaluate the practicability of evaluating sensory property through instrument method. Correlation analysis between sensory evaluation and instrumental measurement was conducted. Linear regression was used to establish a predictive model of sensory properties. The average errors of the regression equation were between 3.85% and 5.98%.

Key words: French fried potato; texture; sensory evaluation; instrumental measurement; linear regression

中图分类号: TS215

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)14-0237-04

doi:10.7506/spkx1002-6630-201314048

质构是食品的一种非常重要的品质指标, 主要描述了人体对于某种特定的食品在食用前和食用时的视觉、触觉和感觉^[1]。食品的内部组织结构和化学变化通常会反应到食品的物理化学性质的变化上, 因此, 可以通过对质构性质的测定来监控食品品质^[2]。在以往的食品生产过程中, 人们一般是通过感官评定等主观方法来了解食品的各种性质, 而感官评定受到很多条件的限制, 使用不便, 无法客观的评价食品品质的优劣。面包、面条、方便面、饼干等感官评分与质构参数的相关性得到了评价, 并探讨了仪器测定取代感官评定的可能性^[3-7]。

速冻马铃薯条是欧美等国家的一种较常见的快餐食品, 由于其口感独特, 风味优良, 并且含有丰富的营养, 受到了众多消费者的青睐。在欧美国家速冻马铃薯条的销售量约为速冻食品总量的17%~18%, 在国内、东南亚、日本市场也有巨大的消费量; 相关数据显示, 世界范围内的薯条产量在800万吨左右^[8-10]。Agblor等^[11-12]评价了薯条的质构性质, Akpapunam等^[13]评定了薯条的感官品质。速冻马铃薯条产业的发展对薯条的品质控制提出了很高

的要求, 但是, 关于马铃薯条质构性质的仪器测定方面却很少有研究被报道, 其品质评定也多局限于感官评价, 无法客观、准确的用来描述产品品质^[14]。

本实验对速冻马铃薯条样品进行了感官评价, 与其仪器测试质构数据做相关性分析, 得到了通过质构参数预测马铃薯条感官评定的回归方程, 然后对得到的回归方程进行验证, 分析预测误差。本实验量化了马铃薯条的质构指标, 对于速冻马铃薯条的感官评定仪器化测定, 提高马铃薯条生产过程中的品质管理水平, 提供了一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

本实验采用14个品种的马铃薯制成马铃薯条进行评价: 克新12、克新17、克新18、克新19共4个品种由黑龙江省农业科学院克山分院提供; 坝薯10号、大西洋由河北省张家口市坝上农科所提供; 云薯101、合作88由云南

收稿日期: 2012-06-19

基金项目: 2011年教育部促进与美大地区科研合作与高层次人才培养项目

作者简介: 张建辉(1988—), 男, 硕士, 研究方向为农产品加工工程。E-mail: zhang-jianhui2005@163.com

*通信作者: 徐晓云(1970—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为传统食品工业化、农产品精深加工。E-mail: xuxiaoyun@mail.hzau.edu.cn

省经济作物研究所提供; 米拉、鄂薯3号、鄂薯4号、鄂薯5号、鄂薯7号、鄂薯8号共6个品种购自恩施南方马铃薯研究中心。

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

1.2 速冻马铃薯条生产工艺流程

原料选择→清洗, 去皮→切条→漂烫→烘干→油炸→冷却, 速冻→包装→复炸

1.3 感官评价

感官评价实验在家用食品加工实验室中进行, 由10名20~30岁的感官评价人员组成评价小组, 其中男性成员5名, 女性成员5名; 针对感官评价实验的目的、感官评价的标准和要求对评价小组进行适当的培训。对样品进行随机编号, 感官评价小组人员客观、独立的进行评分, 每个样品的评价之间间隔一定时间, 使用清水漱口, 相互之间不交流讨论。感官评价采用7分制: 各项目依次按非常弱、弱、较弱、中等、较强、强、非常强分为1~7分。

指标测定^[15-16]: 硬度(hardness): 将样品置于白齿间进行咀嚼所需要的力量; 弹性(springiness): 将样品置于白齿间部分压迫后样品恢复原来形状的程度; 黏聚性(cohesiveness): 将样品置于白齿间咬住, 到破裂时的变形程度; 咀嚼性(chewiness): 样品在口腔中咀嚼到可吞咽状态所做功的大小; 油脂感(fatness): 样品在口腔中咀嚼时感受到的油脂含量; 整体接受性(overall acceptability): 对样品整体上的接受程度。

1.4 仪器测定参数

本实验采用TA-XT Plus质构仪对样品进行质构性质的测试, 测试方法选用剪切、压缩两种, 具体参数设定见表1。

表1 仪器测定薯条质构性质的参数设置

Table 1 Instrumental parameters for texture analysis

参数设定	剪切测定	压缩测定 I	压缩测定 II
模式选择	Return to start	TPA	TPA
探头选择	HDP/LKB	P6 6mm	P100 100mm
测前速度/(mm/s)	1	1	1
测中速度/(mm/s)	1	1	1
测后速度/(mm/s)	10	10	10
压缩比/%	95	75	65
两次下压间隔时间/s	—	5	5
样品尺寸/mm	100×9×9	40×9×9	40×9×9

1.5 数据分析

数据分析使用SPSS 16.0进行, 对感官评价数据和仪器测定数据进行ANVOA分析, 数据以“均值±标准差”的形式表示, 标出数据间的差异显著性; 使用Pearson相关系数分析法分析感官评价数据和仪器测定数据的相关性。然后使用线性回归模式建立多元回归方程: $Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_9 x_9$, 其中, Y 为感官评价的项目, x_1 、 x_2 …… x_9 为仪器测定指标, β_0 为回归方程的常数项, β_1 、

β_2 …… β_9 则是 Y 对 x_1 、 x_2 …… x_9 的回归系数。从而得出各个感官评价项目对于仪器测定指标的数学模型, 用来预测薯条的感官评价得分。

2 结果与分析

2.1 感官评价

感官评价的数据见表2。

表2 薯条的感官评价数据

Table 2 Results of sensory evaluation for French fried potatoes

样品序号	硬度	弹性	黏聚性	咀嚼性	油脂感	整体接受度
1	4.23±1.15 ^{cd}	3.55±1.00 ^a	3.85±1.41 ^a	4.50±0.57 ^{cd}	3.53±1.73 ^{ab}	3.52±1.00 ^{ab}
2	2.75±0.95 ^a	2.57±1.29 ^a	4.75±1.70 ^{cd}	2.75±0.50 ^a	4.25±1.25 ^b	3.50±0.57 ^{ab}
3	3.75±1.70 ^{bc}	3.50±0.57 ^a	4.50±1.00 ^d	3.53±1.29 ^{abc}	3.50±0.57 ^{ab}	4.25±1.41 ^{bc}
4	5.07±0.81 ^{de}	3.17±1.41 ^a	2.57±0.57 ^{ab}	4.25±0.95 ^{bc}	3.25±1.25 ^b	4.50±1.08 ^{bc}
5	3.75±0.50 ^{bc}	2.50±1.29 ^a	4.50±1.73 ^{cd}	3.75±0.50 ^{ab}	3.75±0.95 ^{ab}	4.75±1.25 ^{bc}
6	3.50±0.57 ^c	3.25±1.70 ^a	5.55±1.29 ^{de}	3.50±0.57 ^{bc}	3.75±0.95 ^a	4.33±0.81 ^{ab}
7	4.50±1.00 ^d	2.25±0.81 ^a	3.75±1.25 ^a	3.50±0.95 ^c	3.52±1.00 ^a	4.75±1.50 ^{bc}
8	5.33±1.41 ^e	3.50±1.73 ^a	2.25±0.50 ^a	5.25±0.00 ^{cd}	3.75±1.25 ^a	5.62±1.10 ^d
9	4.03±0.81 ^c	2.50±0.57 ^a	3.25±1.70 ^a	4.07±0.57 ^{bcd}	3.35±0.81 ^a	5.75±0.50 ^d
10	3.25±0.95 ^{ab}	3.07±0.81 ^a	4.25±1.50 ^{bc}	3.52±0.57 ^{ab}	3.75±0.95 ^a	4.75±1.25 ^{bc}
11	5.75±0.50 ^f	2.75±0.95 ^a	3.25±0.95 ^{ab}	5.53±0.81 ^f	2.07±1.41 ^{ab}	2.55±0.57 ^a
12	3.25±0.95 ^{ab}	3.13±1.41 ^a	5.75±0.95 ^e	4.35±0.81 ^d	3.25±1.41 ^b	4.50±1.01 ^{bc}
13	3.37±0.81 ^{ab}	2.75±1.50 ^a	5.25±0.95 ^e	3.83±0.00 ^{ab}	4.33±0.81 ^b	4.25±0.00 ^a
14	5.25±0.95 ^{de}	3.50±1.00 ^a	3.17±1.16 ^{ab}	5.03±0.51 ^{ef}	3.50±1.00 ^a	6.07±0.81 ^e

注: 同一列中不同肩标字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

2.2 质构性质的仪器测定

2.2.1 剪切测定

表3 剪切测定和压缩测定 II 得到的薯条质构数据

Table 3 Textural data of shear measurement and TPA methods for the measurement of French fried potatoes

样品序号	剪切力/g	压缩测定 II			
		硬度	黏着性	咀嚼性	回复性
1	635.029±29.60 ^{ab}	9771.449±856.99 ^d	3965.374±142.79 ^{bc}	3124.054±116.06 ^{cd}	0.199±0.02 ^a
2	837.913±48.21 ^{ab}	3321.690±243.90 ^d	1490.399±211.50 ^a	1124.546±133.57 ^a	0.192±0.02 ^a
3	986.487±48.87 ^{ab}	7397.403±610.55 ^{cd}	3115.384±137.30 ^{ab}	2406.228±422.04 ^{cd}	0.282±0.04 ^a
4	2087.689±137.64 ^{cd}	8320.494±684.25 ^{cd}	4001.036±192.06 ^{bc}	3195.925±883.31 ^f	0.237±0.02 ^d
5	934.78±39.96 ^{ab}	4203.777±431.66 ^{ab}	1699.653±118.03 ^a	1334.203±152.80 ^a	0.171±0.01 ^a
6	857.51±46.81 ^{ab}	6060.719±457.08 ^{bcd}	2349.245±182.93 ^{ab}	1837.751±144.45 ^{ab}	0.176±0.01 ^{ab}
7	1454.314±45.86 ^{bcd}	4895.879±409.88 ^{abc}	2183.942±156.97 ^{ab}	1740.024±350.63 ^{ab}	0.212±0.02 ^{bc}
8	2254.241±116.66 ^{de}	9313.333±741.05 ^{cd}	4412.443±127.42 ^a	3590.180±290.84 ^d	0.240±0.01 ^{cd}
9	1249.847±42.45 ^{abc}	5223.878±326.66 ^{ab}	2363.469±183.66 ^{ab}	1763.515±167.05 ^{ab}	0.204±0.02 ^a
10	819.768±44.89 ^{ab}	3645.844±186.60 ^{ab}	1814.325±169.62 ^a	1548.943±656.55 ^a	0.212±0.04 ^{bc}
11	1345.71±35.15 ^{abc}	5471.956±123.45 ^{bc}	2585.667±110.05 ^{bc}	2103.333±269.54 ^{cd}	0.254±0.05 ^d
12	470.124±61.87 ^a	5013.494±122.99 ^{bc}	1772.732±196.93 ^a	1357.311±86.78 ^a	0.169±0.02 ^{ab}
13	426.318±31.90 ^a	3581.119±535.09 ^a	1313.292±181.21 ^a	1004.916±97.95 ^a	0.160±0.01 ^a
14	3012.415±157.56 ^e	5627.044±546.60 ^d	2929.668±275.82 ^{cd}	2588.682±368.54 ^{de}	0.214±0.03 ^{cd}

剪切探头切入样品时产生张力而使样品被切断, 测得样品的剪切力值。剪切力值在一定程度上反映了样品内部的质地结构在咀嚼时的变化, 同时也反映了样品在被剪切时的物理性质^[17]。剪切测定的薯条质构数据见表3。

2.2.2 压缩测定

压缩测定模拟人的口腔咀嚼活动, 通过两次压缩样

品来测试其质构性质,并同步绘出样品压缩的应力随时间的曲线,对绘出的曲线进行分析可以得到相应的样品参数。压缩测定两种方法的测试数据见表3、4。

表4 压缩测定 I 得到的薯条质构数据

Table 4 Textural data of TPA method for the measurement of French fried potatoes

样品序号	硬度	脆度	胶着性	咀嚼性	回复性
1	726.062±44.54 ^{ab}	844.175±32.72 ^a	80.045±8.22 ^a	49.641±4.19 ^a	0.033±0.01 ^a
2	534.917±47.13 ^a	342.448±52.18 ^a	171.389±12.56 ^a	147.228±12.99 ^a	0.091±0.03 ^{cd}
3	942.897±93.97 ^{ab}	915.343±79.91 ^{ab}	277.938±37.06 ^{ab}	227.108±16.48 ^{ab}	0.057±0.03 ^{ab}
4	1452.184±115.90 ^d	1360.465±42.29 ^{bc}	370.403±18.55 ^{ab}	272.71±17.80 ^{ab}	0.084±0.02 ^{bc}
5	724.401±79.27 ^a	558.571±26.36 ^{ab}	133.175±6.10 ^a	72.804±6.25 ^a	0.061±0.02 ^{ab}
6	440.901±59.27 ^a	416.072±55.49 ^a	80.674±7.39 ^a	50.789±2.74 ^a	0.048±0.01 ^{ab}
7	771.603±26.61 ^a	620.424±17.88 ^{ab}	212.081±12.51 ^a	161.488±11.62 ^a	0.078±0.03 ^{bc}
8	2352.104±96.51 ^e	1194.998±89.74 ^{bc}	678.112±43.09 ^b	512.568±45.11 ^b	0.12±0.05 ^c
9	633.581±99.64 ^{ab}	528.178±55.16 ^a	122.195±5.91 ^a	75.272±5.92 ^a	0.064±0.01 ^{ab}
10	387.8±28.89 ^a	526.134±34.01 ^a	108.034±7.71 ^a	74.325±6.58 ^a	0.072±0.02 ^{ab}
11	1797.778±154.60 ^d	1751.267±48.21 ^c	596.692±56.67 ^{bc}	478.336±51.25 ^b	0.106±0.01 ^{de}
12	596.228±34.09 ^a	496.431±17.16 ^a	103.37±9.76 ^a	66.745±7.25 ^a	0.049±0.03 ^{ab}
13	532.098±50.78 ^a	261.657±27.51 ^a	87.533±5.01 ^a	44.357±7.29 ^a	0.057±0.03 ^{ab}
14	1426.875±158.27 ^{cd}	1239.351±69.48 ^d	265.88±8.79 ^{ab}	155.407±9.04 ^a	0.067±0.01 ^a

2.3 感官评价与仪器测定的相关性分析

从表5可知,感官评价项目硬度与剪切力值($r=0.779$),压缩测定 I 中的硬度($r=0.838$)、脆度($r=0.919$)、胶着性($r=0.767$)、咀嚼性($r=0.727$),压缩测定 II 中的胶着性($r=0.637$)、咀嚼性($r=0.678$)表现出了极显著的正相关性;与压缩测定 I 中的回复性($r=0.513$),压缩测定 II 中的硬度($r=0.487$)、回复性($r=0.601$)表现出显著的正相关性。感官评价项目中的脆度与压缩测定 II 中的硬度($r=0.654$)、胶着性($r=0.623$)、咀嚼性($r=0.643$)表现出极显著的正相关性。感官评价项目中的黏聚性与剪切力值($r=-0.732$),压缩测定 I 中的硬度($r=-0.734$)、脆度($r=-0.730$)、胶着性($r=-0.637$),压缩测定 II 中的硬度($r=-0.660$)、胶着性($r=-0.782$)、咀嚼性($r=-0.804$)表现出极显著的负相关性;与压缩测定 I 中的咀嚼性($r=-0.599$)、回复性($r=-0.502$),压缩测定 II 中的回复性($r=-0.578$)表现出显著的负相关性。感官评价项目中的咀嚼性与剪切力值($r=0.620$),压缩测定 I 中的硬度($r=0.824$)、脆度($r=0.857$)、胶着性($r=0.716$)、咀嚼性($r=0.670$),压缩测定 II 中的胶着性($r=0.660$)、咀嚼性($r=0.698$)表现出极显著的正相关性;与压缩测定 II 中的硬度($r=0.566$)表现出显著的正相关性。感官评价项目中的油脂感与压缩测定 I 中的脆度($r=-0.644$)表现出极显著的负相关性。感官评价项目中的整体接受性与剪切力值($r=0.561$)表现出显著的正相关性。

由此可见,感官评价项目中的硬度、黏聚性和咀嚼性与仪器测得的指标相关性普遍较好,而油脂感和整体接受性与仪器指标的相关性较弱。

表5 感官评价项目与仪器测定指标的相关性分析(Pearson相关系数)
Table 5 Correlation analysis (Pearson correlation) between sensory evaluation and instrumental measurement

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
x_1	0.779**	0.258	-0.732**	0.620**	-0.137	0.561*
x_2	0.838**	0.348	-0.734**	0.824**	-0.376	0.146
x_3	0.919**	0.351	-0.730**	0.857**	-0.644**	-0.091
x_4	0.767**	0.213	-0.637**	0.716**	-0.413	-0.014
x_5	0.727**	0.183	-0.599*	0.670**	-0.422	-0.096
x_6	0.513*	-0.161	-0.502*	0.397	-0.175	0.044
x_7	0.487*	0.654**	-0.617**	0.566*	-0.161	0.046
x_8	0.637**	0.623**	-0.782**	0.660**	-0.188	0.16
x_9	0.678**	0.643**	-0.804**	0.698**	-0.184	0.196
x_{10}	0.601*	0.32	-0.578*	0.453	-0.396	-0.07

注:**表示在 $P<0.01$ 水平上相关;*表示在 $P<0.05$ 水平上相关; Y_1 代表感官评价中的硬度; Y_2 代表感官评价中的弹性; Y_3 代表感官评价中的黏聚性; Y_4 代表感官评价中的咀嚼性; Y_5 代表感官评价中的油脂感; Y_6 代表感官评价中的整体接受性; x_1 代表剪切测定中的剪切力值; x_2 代表压缩测定 I 中的硬度; x_3 代表压缩测定 I 中的脆度; x_4 代表压缩测定 I 中的胶着性; x_5 代表压缩测定 I 中的咀嚼性; x_6 代表压缩测定 I 中的回复性; x_7 代表压缩测定 II 中的硬度; x_8 代表压缩测定 II 中的胶着性; x_9 代表压缩测定 II 中的咀嚼性; x_{10} 代表压缩测定 II 中的回复性。

2.4 薯条感官品质预测模型的建立

利用Linear Regression功能,以感官评价项目为因变量,仪器测定指标为自变量进行线性回归分析,同时进行共线性检测得到回归方程的方差解释率,结果见于表6。

表6 感官评价项目以仪器测定指标为自变量的多元线性回归方程
Table 6 Linear regression equation of sensory evaluation to instrumental measurement

感官评价项目	回归方程	方差解释率/%
硬度	$Y_1=2.1388+0.0009x_1+0.0001x_2$	74.98, 97.39, 86.52
弹性	$Y_2=2.3768-0.0013x_1-0.004x_2+0.0366x_3-0.0297x_4+0.0009x_5$	51.57, 53.14, 84.21, 99.93, 97.54, 59.43
黏聚性	$Y_3=5.6604+0.0008x_6-0.0026x_7$	97.77, 98.81, 98.59
咀嚼性	$Y_4=2.3011-0.001x_3+0.0205x_4-0.0245x_5+0.0006x_7$	78.06, 85.49, 99.66, 99.40, 92.31
油脂感	$Y_5=3.9338-0.0001x_7$	93.15, 96.63
整体接受性	$Y_6=4.2214-0.0034x_5+0.0567x_4-0.0570x_5$	52.10, 65.27, 100, 97.24

从表6可知,感官评价各项的回归方程均得到了较好的方差解释率,说明该模型对仪器测定各指标有较好的代表性。感官项目硬度可从剪切力值(97.39%)和压缩测定 I 中的回复性(86.52%)数据得到预测。感官项目弹性可从仪器测定指标剪切力值(53.14%),压缩测定 I 中的硬度(84.21%)、胶着性(99.93%)、咀嚼性(97.54%)和压缩测定 II 中的硬度(59.43%)得到预测。感官项目黏聚性可从压缩测定 I 中的回复性(98.81%),压缩测定 II 中的硬度(98.59%)进行预测。感官项目咀嚼性可从压缩测定 I 中的脆度(85.49%)、胶着性(99.66%)、咀嚼性(99.40%),压缩测定 II 中的硬度(92.31%)进行预测。感官项目油脂感可从压缩测定 II 中的硬度(96.63%)进行预测。感官项目整体接受性可从压缩测定 I 中的硬度(65.27%)、胶着性(100%)、咀嚼性(97.24%)进行预测。

2.5 感官品质预测模型的验证

根据仪器测定得到的薯条的质构数据，通过预测模型中的回归方程进行计算，得到感官评价得分的仪器预测值，与实际感官评价得到的数据进行比对验证，结果见表7。

表7 感官评价预测模型的数据验证结果
Table 7 Error validation of the sensory evaluation predicted model

感官项目	仪器测定预测值	感官得分	误差/%	感官项目	仪器测定预测值	感官得分	误差/%
硬度	4.05	4.32	6.17	咀嚼性	4.20	4.57	8.12
	2.73	2.75	0.59		2.82	2.75	2.62
	3.83	3.71	3.13		3.18	3.15	0.95
	5.16	5.33	3.20		3.77	4.25	3.11
	3.48	3.75	7.17		3.54	3.75	5.62
	3.66	3.56	2.86		3.76	3.57	5.34
	误差平均值/%		3.85		误差平均值/%		4.29
	3.57	3.55	0.49		3.43	3.43	0.14
	2.03	2.25	9.78		3.55	4.25	6.48
	3.39	3.86	2.24		3.09	3.35	7.70
弹性	3.20	3.03	5.70	油脂感	3.32	3.25	2.21
	2.60	2.75	5.40		3.64	3.75	3.03
	3.10	3.25	4.61		3.32	3.75	11.53
	误差平均值/%		4.70		误差平均值/%		5.18
	2.70	3.37	19.76		3.49	3.55	1.56
黏聚性	4.81	4.75	1.34	整体接受性	3.59	3.33	7.80
	3.52	4.5	2.18		3.86	4.07	5.16
	2.71	2.85	4.81		4.58	4.53	1.11
	4.75	4.57	4.00		4.51	4.75	5.05
	5.05	5.25	3.79		4.05	4.25	4.76
	误差平均值/%		5.98		误差平均值/%		4.24

从表7可知，感官评价的仪器预测模型预测的数值能与薯条感官得分较好的吻合，误差在可控范围内(各回归方程的预测误差处于3.85%~5.98%之间)。模型中回归方程的预测准确性依次为硬度>整体接受性>咀嚼性>弹性>油脂感>黏聚性。

3 结 论

本实验的研究得到了一个速冻马铃薯条的感官品质预测模型，使用相关仪器测定薯条的质构性质，经过模型的计算，能够预测消费者对薯条产品的感官嗜好性。得到了薯条感官品质的客观测定方法，替代了主观评价法，有利于工业化生产中薯条品质的快速监测、控制。同时，进一步需要做的工作还有：通过对大量消费者进行调研，获取确切的影响消费者嗜好性的感官项目，从而构建薯条产品的预测模型，更好的契合产品的生产和销售，制造出更受消费者喜爱的产品。许多研究者在这方面做出了有益的探索，并取得了一定的成果^[3,18-19]。

随着食品生产向工业化的发展，仅依靠感官手段已经远远不能满足现代食品工业的规模化生产方式的需要，所以从20世纪70年代以来，使用仪器测量食品的质构性质以及仪器测定数据与感官评定结果的相关性方面的研究，在国外得到了很大的发展^[20]。中国的食品工业在近些年得到了很大的发展，在品质控制方面，行业内需要通过仪器来精确稳定的测定食品的质构等相关指标，从而实现食品生产从传统方式向现代化、科技化的转变^[21]。

参考文献：

[1] 岳森. 巧克力的力学特性及质地评价研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2009.

[2] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[3] 赵延伟, 吕振磊, 王坤, 等. 面条的质构与感官评价的相关性研究[J]. 食品与机械, 2011(4): 25-28; 39.

[4] 王灵昭, 陆启玉, 袁传光. 用质构仪评价面条质地品质的研究[J]. 郑州工程学院学报, 2003, 24(3): 29-33; 49.

[5] 宋艳玲, 唐黎, 刘海波, 等. 面包品质评价方法的探析[J]. 食品工业, 2005(6): 21-23.

[6] 薛丹, 欧阳一非, 高海燕, 等. 方便面感官品质特性与面条质构、色泽指标的关系研究[J]. 食品工业科技, 2010, 31(4): 97-99; 103.

[7] 姜松, 贾瑜, 石吉勇, 等. 韧性饼干脆性评价方法的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(15): 60-63.

[8] NIBA L. Effect of storage period and temperature on resistant starch and β -glucan content in cornbread[J]. Food Chemistry, 2003, 83(4): 493-498.

[9] KRISHNA R K. Studies on deep fat frying of potato chips[D]. Kerala: University of Calicut Calicut, 2007.

[10] 王金刚, 杜宁娟. 冷冻马铃薯条生产过程中的质量控制[J]. 粮油食品科技, 2008(5): 55-56.

[11] AGBLOR A, SCANLON M. Effects of blanching conditions on the mechanical properties of french fry strips[J]. American Journal of Potato Research, 1998, 75(6): 245-255.

[12] AGBLOR A, SCANLON M. Processing conditions influencing the physical properties of French fried potatoes[J]. Potato research, 2000, 43(2): 163-177.

[13] AKPAPUNAM M, ABIANTE D. Processing and quality evaluation of sweet potato chips[J]. Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum), 1991, 41(4): 291-297.

[14] 宋丽娟. 煎炸油质量调控及薯片品质分析[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2011.

[15] 王春叶. 豆干感官品质研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008.

[16] 董庆利, 罗欣. 熏煮香肠质构的感官评定与机械测定之间的相关性研究[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 49-55.

[17] 胡嘉鹏. 食品性质的物理测定方法: (一)力学方法[J]. 食品工业科技, 1986, 17(3): 18-22; 37.

[18] 刘琳琳, 董辉, 石彦国. 干豆腐品质评价方法的研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(11): 420-423.

[19] 姜松, 岳森, 陈章耀. 巧克力质地的感官评定和仪器测定之间的相关性研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(8): 123-126.

[20] HACHMEISTER K, HERALD T. Thermal and rheological properties and textural attributes of reduced-fat turkey batters[J]. Poultry Science, 1998, 77(4): 632-638.

[21] 汪琳, 陈纯. 一种新型多功能食品质构仪[J]. 轻工机械, 2000(2): 16-18.