

番茄水煮烹调工艺的研究 ——层次分析法的应用

杨铭铎, 张春梅, 姚蕊, 郑小京
(哈尔滨商业大学中式快餐研究发展中心, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘 要: 本文以番茄为研究对象, 以旋转回归法为实验设计方案, 以 VC 含量、感官评定、仪器分析为指标, 以层次分析法为分析手段, 研究了番茄水煮过程中的食醋含量、料液比、水煮时间与品质质量之间的关系。结果表明, 番茄的水煮介质为食醋, 最佳烹调工艺为在食醋浓度 0.054% 的溶液中, 料液比 1:1.4 条件下水煮 5min。本研究为促进番茄水煮工艺标准化提供了理论依据。

关键词: 水煮; 番茄; 烹调工艺; 层次分析法

The Cooking Craft Research on Tomato Poaching ——the Application of AHP

YANG Ming-duo, ZHANG Chun-mei, YAO Rui, ZHENG Xiao-jing
(Chinese Style Fast Food and Development Center, Harbin Commerce University, Harbin 150076, China)

Abstract: Tomato was taken as the research object, adopting rotate regression experiment as the design plan of the experiment. Taking the content of VC, sense organs assess and instrument as the test indices, and AHP as the means of analyzing, the optimum conditions of tomato's poaching data studied with respect to vinegar content, the comparison of the liquid material, and poaching time. Finally, the optimum cooking craft was: the density of vinegar 0.054%, the ratio of material to liquid 1:1.4 and the poaching time 5min. This article has offered the theoretical foundation for tomatoes poaching craft to be standardized.

Key words: poaching; tomato; cooking craft; AHP (Analytic Hierarchy Process)

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2005)11-0169-05

番茄又称西红柿、柿子、番柿等, 属于茄科番茄属中以成熟多汁浆果为产品的一年生或多年生的草本植物。番茄的果实圆整, 酸甜多汁, 含可溶性糖、有机酸、蛋白质、VC、VA 原等多种营养物质, 干物质含量一般在 5%~7.5% 之间, 糖和有机酸的含量较大, 是果实美味的主要原因。与其他蔬菜相比, 番茄的维生素 VC、VA 原含量也较多, 其中 VC 已达每 100g 鲜果含 20~25mg, 是人们最喜爱的果蔬之一, 在日常饮食生活、家庭烹调、食品加工中有广泛的应用。

在烹饪学科实验过程中经常采用很多指标对成品的质量进行检验, 但是独立指标无法综合判断一个产品的综合质量, 在这里, 我们将采用一种科学的方法——层次分析法^[1]对各个指标进行整合, 从而得出较权威的综合指标。

1 材料与方法

1.1 材料

红番茄 哈尔滨市售水 哈尔滨市自来水(12°); 食醋 虹桥米醋 9° (总酸含量 ≥ 9.0g/100ml); 乙酸; 电磁炉 江苏苏泊尔电器有限公司 组织捣碎机 江苏苏泊尔电器有限公司; 721 分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; 恒温干燥箱 101-2 型 上海市实验仪器厂; 电子天平 TG328A 上海天平仪器厂; 质构分析仪 TAXT2i 型 英国质构技术公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

原料 → 分选 → 清洗 → 沥干 → 整形 → 水煮 → 冷却 → 备用

收稿日期: 2005-04-11

基金项目: 国家人事部留学人员科技活动择优资助项目(国人部 200306AD)

作者简介: 杨铭铎(1956-), 男, 教授, 博士后, 研究方向为食品科学与中式快餐。

1.2.2 原料的选择与处理

选用色泽鲜红、无损伤、体积大的新鲜番茄。将番茄均匀切成八块,立即下锅水煮,以防止在空气中存放时VC被氧化而损失。

1.2.3 检测方法

在烹调过程中,由于受加热等烹饪工艺的影响,会使番茄中的营养物质有不同程度损失。本文选择VC含量、感官评定指标及番茄的质构咀嚼度作为主要的评定指标。

(1)VC含量的测定 2,4-二硝基苯肼法^[2]。

(2)番茄食用品质评定^[3]

成立了十人嗜好型评审组进行感官评定。食品的评定项目和得分标准如表1所示。

表1 番茄食用品质评定
Table 1 The grade of the tomato's edible quality

指标	分值	好	中	差
色泽	30	30~25	15	10~5
咀嚼度	30	30~25	15	10~5
气味	20	20~15	10	5~0
口感	20	20~15	10	5~0

(3)番茄的质构咀嚼度的测定 用食品质构仪测定番茄质构咀嚼度。

1.2.4 不同pH值对番茄水煮工艺条件的影响

分别选用pH值为3、5、7、9、11的酸、碱溶液作为番茄水煮的介质,水煮温度为100℃、料液比1:2、水煮时间5min,测定番茄中VC含量、感官性状及质构咀嚼度,来确定番茄水煮的介质。

1.2.5 以食醋为介质番茄水煮工艺条件的研究

(1)食醋溶液浓度对番茄品质的影响

分别加入0.05%、0.04%、0.03%、0.02%、0.01%的食醋溶液,在100℃条件下,料液比为1:2,水煮5min,冷却,组织捣碎后,分别测定番茄中VC含量、质构咀嚼度,进行感官测定来确定番茄水煮介质食醋溶液的浓度范围。

(2)以食醋为介质番茄水煮工艺条件的确定

为了使番茄中VC含量损失达到最小程度,在单因素基础上,设计了一个三因素五水平通用旋转回归试验,三个因素分别为食醋浓度、时间、料液比,采用STATISTICA分析软件进行数据的处理,回归方程的推导以及三维曲面的生成,从中揭示各影响因素与综合指标之间的内在规律性,并找出各因素的最优区域。表2、表3分别为各因素的零水平及变化区间和因素编码值表。

2 结果与讨论

2.1 不同pH值对番茄水煮工艺条件的影响

表2 以食醋为介质番茄水煮工艺条件各因素的零水平及变化区间表
Table 2 Regard vinegar as the medium to tomato poach process conditions every zero competence of the factors and changes of the interval

变量	食醋用量(%)	时间(min)	料液比
	A	B	C
X_{0j}	0.05	5	1:2
Δ_j	0.01	0.5	0.05

表3 以食醋为介质番茄水煮工艺条件的因素编码值表
Table 3 Regard vinegar as the medium to the tomato factor code value to poach process conditions

水平	因素		
	X_1 食醋浓度(%)	X_2 时间(min)	X_3 料液比
+r	0.067	5.84	1:1.4
+1	0.06	5.5	1:1.6
0	0.05	5	1:2.0
-1	0.04	4.5	1:2.6
-r	0.033	4.17	1:3.1

不同pH值对水煮番茄中VC含量、感官状态以及番茄质构咀嚼度的影响如表4所示。

表4 不同pH值对番茄水煮工艺条件的影响
Table 4 Effect of different pH on poaching tomato process conditions

pH 值	VC 含量 (mg/100g)	感官评定				质构咀嚼度(N)
		色泽	咀嚼度	气味	口感	
3	16.3	24.5	25.5	15	17.5	360.1
5	17.6	26	25	16	17	368.2
7	11.2	20	22	13	15	345.2
9	10.6	17	21	11	13	280.8
11	7.3	14	18	10	10	235.4

由表4可以看出,水煮番茄时,不同pH值对番茄中的VC含量均有不同程度的影响,其中,在pH值为3~5的条件下VC保存率最高,同时,番茄的咀嚼度佳,色泽、硬度、气味都达到了较佳水平。可见,在酸性条件下对番茄中的VC保护作用较强,这主要是由于在酸性溶液中降低了氧在溶液中的溶解量的缘故。而番茄是一种酸性食品,含有丰富的柠檬酸、苹果酸,在酸性条件下微生物和酶的活性得到抑制。VC在这种酸性环境中受到保护,所以在烹调时损失较小,在同样条件下,番茄中VC的保存率比其他蔬菜要高许多^[4]。

实验中测得新鲜番茄中VC含量为24.5mg/100g,则在不同pH值条件下VC的含量与VC损失率如图1所示。

2.2 以食醋为介质番茄水煮工艺条件的确定

2.2.1 综合指标的确定方法

我们在实验过程中采用很多指标对成品的质量进行检验,但是独立指标无法综合判断一个产品的综合质量,在这里,我们将采用一种科学的方法——层次分析法^[1]对各个指标进行整合,从而得出较权威的综合指标。

该方法主要是对各个指标确定一个比较科学的权

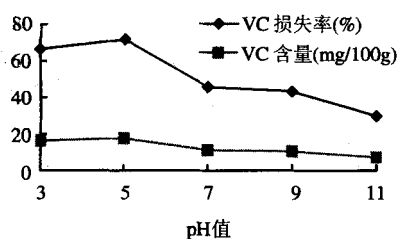


图1 不同pH值条件下VC损失率与VC含量的比较

Fig.1 Comparison between losing rate of VC and VC content under different pH value

重, 然后采用加权平均的方法确定综合评价值:

$$B = \begin{pmatrix} F_1/F_1 & F_1/F_2 & \dots & F_1/F_n \\ F_2/F_1 & F_2/F_2 & \dots & F_2/F_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_n/F_1 & F_n/F_2 & \dots & F_n/F_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}$$

若F为未知时, 可以根据决策者对物体之间的两两对比的关系, 主观做出比值的判断, 或用Delphi法来确定这一比值。为了使各因素之间两两进行比较得到量化的判断矩阵, 根据心理学家的研究, 对食品的感觉评价引入一个1~9的标度: i功能与j功能因素相同重要时, 取其标度为1; i功能比j功能略重要时, 取其标度为3; i功能比j功能较重要时, 取其标度为5; i功能比j功能非常重要时, 取其标度为7; i功能比j功能绝对重要时, 取其标度为9; 为以上两种判断之间的中间状态对应的标度值可以取2, 4, 6, 8; 若j功能与i功能比较, 则得以上各项对应的倒数。

根据标度填写矩阵B, 然后算出B的最大特征值 λ_{\max} 及其对应的特征向量, 最大特征值 λ_{\max} 和特征向量计算较繁, 可以采用幂法进行迭代求解, 将特征向量标准化, 即得其对应的权重值, 然后再对其进行一致性检验。将各指标的各功能得分分别与该功能的权重值相乘, 汇总后即为该指标的功能加权得分, 各指标的功能加权得分占各指标功能的总加权得分, 即为各指标的功能指数。到此, 即可以求出 W_i 。将各项指标得分分别与 W_i 相乘之后得出总加和, 从而既得出综合指标。

现在求出最大特征值 λ_{\max} 以及对应特征向量, 其迭代公式为:

$$\begin{cases} y^{(k)} = x^{(k)} / x^{(k)}_i \\ x^{(k+1)} = B y^{(k)}, \quad k=0, 1, 2, 3, 4, 5; \end{cases} \quad x^{(k)} \text{ 表示向量 } x^{(k)} \text{ 按照模最大的分量。}$$

2.2.2 利用响应曲面法研究以食醋为介质番茄水煮工艺条件的确定

将每个指标的最高贡献设定为100分, 请39位专家进行打分, 对这个结果进行统计, 根据统计结果计算指标的重要性, 根据层次分析法的方法得到以下矩阵:

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 3 & 3 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 3 & 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

在单因素试验的基础上, 设计了一个三因素五水平通用旋转回归试验, 表6列出了三因素五水平三元二次通用旋转回归试验结果。

(1) 交互效应分析: 固定方程中的任意一因素, 可得出另两因素与综合指标的子模型:

$$y = -41.1 + (1 - 2D_1 - 5.1D_2 + 5.6D_3 - 1.8D_4)X_1 + 1271.8X_2 - 21566.5X_2^2 + 11X_3 - 2.1X_3^2 + 227.5X_2X_3 + \sigma$$

其中, y为综合评价指标数值, X_1 为料液比, X_2 为食醋用量, X_3 为水煮时间。

D定义如下:

$$D_1 = \begin{cases} 0 & \text{当料液比为其他时} \\ 1 & \text{当料液比为1:1.4} \end{cases}$$

$$D_2 = \begin{cases} 0 & \text{当料液比为其他时} \\ 1 & \text{当料液比为1:1.6} \end{cases}$$

$$D_3 = \begin{cases} 0 & \text{当料液比为其他时} \\ 1 & \text{当料液比为1:2.0} \end{cases}$$

$$D_4 = \begin{cases} 0 & \text{当料液比为其他时} \\ 1 & \text{当料液比为1:2.6} \end{cases}$$

表5 迭代过程一览表

Table 5 Iteration process of the factors

9.70	8.90	7.90	9.50	9.20	8.30
21.70	5.23	12.00	11.46048	5.230928	1.979283
7.29	1.32	3.32	2.948262	1.316185	0.611037
5.97	1.10	2.70	2.391937	1.099109	0.518985
6.01	1.11	2.72	2.423827	1.113081	0.522974
6.03	1.12	2.74	2.433859	1.116892	0.524588
6.03	1.12	2.74	2.434555	1.117244	0.524823
W _i					
1.00	0.917526	0.814433	0.979381	0.948454	0.85567
1.00	0.24	0.55	0.53	0.24	0.09
1.00	0.18	0.46	0.40	0.18	0.08
1.00	0.18	0.45	0.40	0.18	0.09
1.00	0.19	0.45	0.40	0.19	0.09
1.00	0.19	0.45	0.40	0.19	0.09
0.30	0.06	0.14	0.12	0.06	0.03

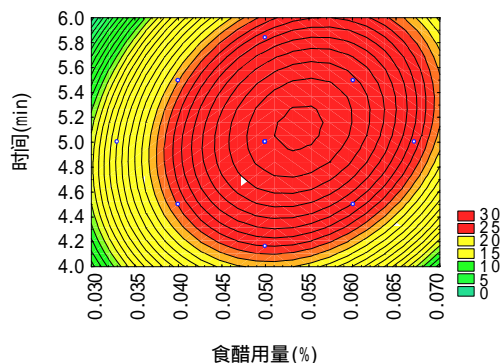
表6 以食醋为介质三因素五水平响应曲面法试验结果处理表

Table 6 Regard vinegar as the medium to the result of the factors dealing with level five and factor three response analysis

试验号	食醋溶液浓度 (%)	时间 (min)	料液比	综合指标
1	0.06	5.5	1/1.6	27.1
2	0.06	5.5	1/2.6	26.5
3	0.06	4.5	1/1.6	22.3
4	0.06	4.5	1/2.6	18.1
5	0.04	5.5	1/1.6	21.3
6	0.04	5.5	1/2.6	16.8
7	0.04	4.5	1/1.6	18.6
8	0.04	4.5	1/2.6	15.4
9	0.067	5	1/2.0	30.1
10	0.033	5	1/2.0	22.5
11	0.05	5.84	1/2.0	28.0
12	0.05	4.17	1/2.0	34.2
13	0.05	5	1/1.4	25.2
14	0.05	5	1/3.1	30.2
15	0.05	5	1/2.0	29.6
16	0.05	5	1/2.0	32.3
17	0.05	5	1/2.0	33.7
18	0.05	5	1/2.0	38.2
19	0.05	5	1/2.0	34.6
20	0.05	5	1/2.0	35.1
21	0.05	5	1/2.0	27.3
22	0.05	5	1/2.0	26.3
23	0.05	5	1/2.0	35.6

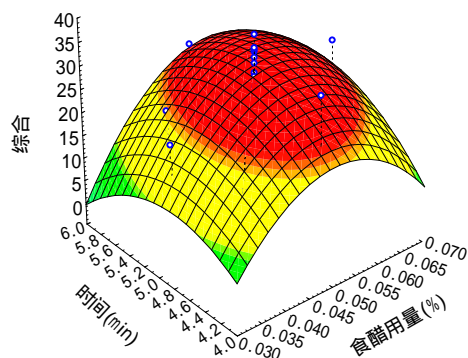
根据二次回归方程通过相应出面分析(RSA)和 Graph 绘图来建立参数与响应值之间的响应平面图和立体图,来直观地反映局部参数值和整体响应值之间的交互对应关系。如图2至图5所示。

料液比(X_1)、食醋用量(X_2)、水煮时间(X_3)对番茄综合指标影响的响应曲面分析的立体图和平面图反映响应值(评定番茄的综合指标)随各因素变化的变化趋势。从图2至图5可以看出,曲面顶部颜色较重的部位或等高线数值最大的区域为较优区域,既当三因素 X_1 、 X_2 、 X_3 分别处于水平(1:1.37~1:1.44)、(0.053%~0.056%)、



3D Contour Plot(水烹三维图10V*23C)

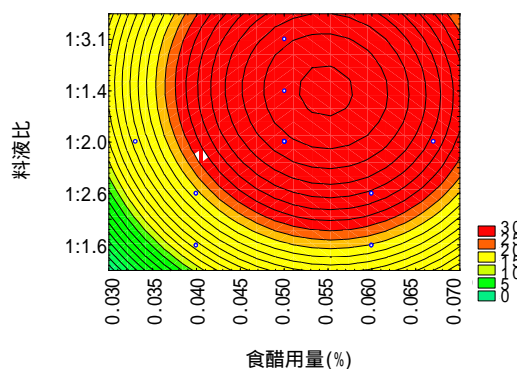
$$\text{综合} = -229.3751 + 2703.1255 * x + 73.4091 * y - 35879.4041 * x * x + 227.5 * x * y - 8.3708 * y * y$$



3D Contour Plot(水烹三维图10V*23C)

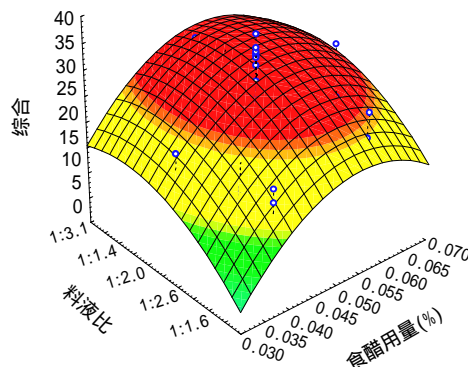
$$\text{综合} = -229.3751 + 2703.1255 * x + 73.4091 * y - 35879.4041 * x * x + 227.5 * x * y - 8.3708 * y * y$$

图2 以食醋为水烹介质食醋用量及水煮时间对番茄综合指标的影响
Fig.2 Regards vinegar as the medium to vinegar consumption and the time impact on overall target of tomato



3D Contour Plot(水烹三维图10V*23C)

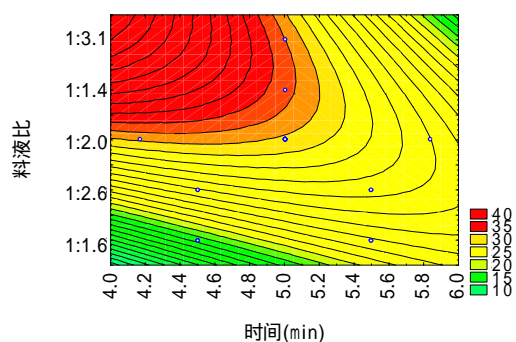
$$\text{综合} = -10715.51361 + 3869.7433 * x + 204.6509 * y - 24644.5754 * x * x - 11.2857 * x * y - 0.981 * y * y$$



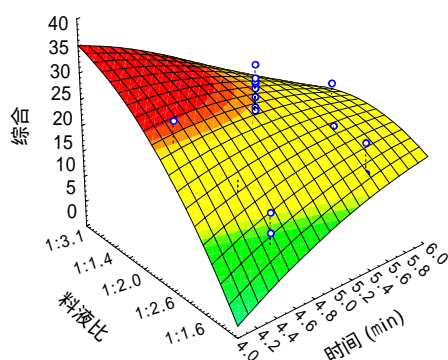
3D Contour Plot(水烹三维图10V*23C)

$$\text{综合} = -10715.51361 + 3869.7433 * x + 204.6509 * y - 24644.5754 * x * x - 11.2857 * x * y - 0.981 * y * y$$

图3 以食醋为水烹介质食醋用量及料液比对番茄综合指标的影响
Fig.3 Regards vinegar as the medium to vinegar consumption and material liquid impact on overall target of tomato



3D Contour Plot (水煮三维图10V*23C)
综合 = -10715.51361 + 3869.7433*x + 204.6509*y - 24644.5754*x*x -
11.2857*x*y - 0.981*y*y



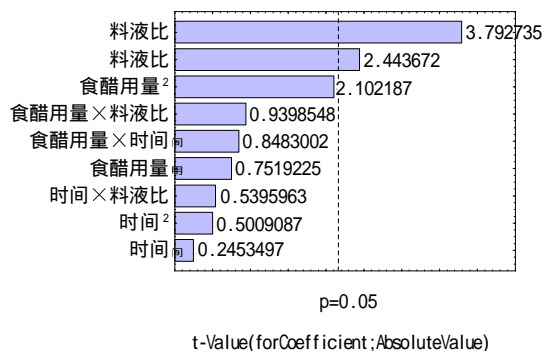
3D Contour Plot (水煮三维图10V*23C)
综合 = -10715.51361 + 3869.7433*x + 204.6509*y - 24644.5754*x*x -
11.2857*x*y - 0.981*y*y

图4 以食醋为水煮介质料液比及水煮时间对番茄综合指标的影响
Fig.4 Regards vinegar as the medium material liquid and the time impact on overall target of the tomato

(5.1min~5.2min)时为较优水平,此时番茄的综合指标得分最高。

3 结论

3.1 本文采用不同pH值对番茄进行水煮试验,结果表明,番茄在酸性条件下水煮效果较佳,VC含量高,故本试验最终确定采用食醋作为水煮番茄的主要介质,在



Pareto Chart of t-Values for Coefficients; df=13
Variable: 综合
Sigma-restricted parameterization

图5 各因素影响程度比较结果

Fig.5 Comparative result of influence degree of each factor

此介质中,番茄中的营养成分VC得到了有效的保护,同时,食醋对番茄的口味无影响,且食用品质也较佳。

3.2 运用层次分析法对各个指标进行整合,得出较权威的综合指标。运用层次分析法所确定的综合指标具有准确性及权威性,能准确说明产品的品质。

3.3 以食醋为介质水煮番茄的最佳工艺条件为:在食醋浓度0.054%(以100g料液为例,则加入食醋0.054g)的溶液中,料液比1:1.4条件下水煮5min。在此工艺条件下,番茄中的营养成分VC得到了有效的保护,同时,番茄的食用品质也达到了较优水平。

参考文献:

- [1] 赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京:科学出版社,1986.
- [2] 陈炳卿. 营养与食品卫生学[M]. 第三版. 北京:人民卫生出版社,1997.
- [3] 黄伟坤. 食品分析与检验[M]. 北京:中国轻工业出版社,1997.
- [4] 冯彦博. 番茄与抗衰防癌[J]. 食品研究与开发,2002,23(4):9-10.

信息

中科院制成PET纳米塑料啤酒瓶

中国科学院近日采用聚酯(PET)聚合插层复合技术,将有机蒙脱石与PET单体一同加入到聚合釜中,制备而成PET纳米(NPET)啤酒瓶。据介绍,NPET比普通PET阻隔性强,啤酒经4~5个月保存,其口味与新鲜啤酒相同。