

大理石花纹替代脂的制备及质构相关性分析

王家骥¹, 刘龙龙¹, 张华^{1,2*}, 梁成云^{1,2}

1. 延边大学农学院食品与生物科学系(延吉 133002);

2. 延边大学东北寒区肉牛科技创新教育部工程研究中心(延吉 133002)

摘要 以菜籽油为油基, 添加一定量的蛋黄卵磷脂与 β -谷甾醇制备大理石花纹替代脂, 通过测定硬度、黏附性、内聚性、胶黏性、弹性和咀嚼性, 研究不同条件制备的大理石花纹替代脂质构相关性。结果表明, 大理石花纹替代脂最佳制备条件为: 凝胶剂添加量12%、凝胶剂(谷甾醇: 卵磷脂)添加比例6:4 g/g、搅拌时间30 min、加热温度100 °C。凝胶剂添加量对制备的大理石花纹替代脂质构指标影响显著, 凝胶剂添加比例对所制备的大理石花纹替代脂的硬度、胶黏性、内聚性和咀嚼性影响较大, 搅拌时间和加热温度对所制备的大理石花纹替代脂黏附性影响较小。通过主成分分析得出, 凝胶黏附性、弹性和咀嚼性3个指标对第一主成分(大理石花纹替代脂的整体口感)影响较大, 而硬度、内聚性和胶黏性对第二主成分(大理石花纹替代脂的内部结构)影响较大。

关键词 大理石花纹替代脂; 菜籽油; 质地剖面分析; 相关性; 主成分

Preparation of Marbling Replacement Fat and Its Texture Correlation Analysis

WANG Jiabin¹, LIU Longlong¹, ZHANG Hua^{1,2*}, LIANG Chengyun^{1,2}

1. Department of Food and Biological Science, College of Agriculture, Yanbian University (Yanji 133002);

2. Engineering Research Center of North-East Cold Region Beef Cattle Science & Technology Innovation,

Ministry of Education, Yanbin University (Yanji 133002)

Abstract The rapeseed oil was used as the oil base, and a certain amount of egg yolk lecithin and β -sitosterol were added to prepare marbling replacement fat. The hardness, adhesion, cohesion, adhesiveness, elasticity and chewability were determined to analyze the effects of marbling replacement fat prepared under different conditions on its texture characteristics. The results showed that the best preparation condition of marbling replacement fat was that the added amount of gelling agent 12%, the ratio of gelling agent (sitosterol : lecithin) 6 : 4 g/g, stirring time 30 min, heating temperature 100 °C. The added amount of gel agent had a significant effect on all TPA indicators of the prepared gel. The added ratio of gel agent had a great influence on the hardness, adhesiveness, cohesion and chewability of the prepared gel. According to the principal component analysis, the three indexes of gel adhesion, elasticity and chewiness had a great influence on the first principal component (the overall taste of marbling instead of fat), while hardness, cohesion, and adhesion had a great influence on the second principal component (the internal structure of marbling instead of fat).

Keywords marbling replacement fat; rapeseed oil; texture profile analysis (TPA); correlation; principal components

大理石花纹(Marbling)指的是沉积于牛肉肌纤维之间的间层脂肪, 它是评定牛肉质量等级的主要指标^[1], 并且被认为是与牛肉嫩度和风味密切相关的牛肉脂肪^[2]。牛肉营养价值极高, 具有高蛋白质、低脂肪、低胆固醇的优点^[3-4]。大理石花纹丰富的优质牛肉, 其风味独特、滑腻多汁、保水性较好且嫩度较高, 相反, 其肉质则会出现质地坚硬、表面粗糙少汁和风味不佳等让消费者难以接受的不足等^[5-6]。但是, 牛肉脂肪其饱和脂肪酸含量高, 长期摄入会易引起血液胆固醇增高和冠状心血管和糖尿病等疾病, 不利于人体健康^[7-8]。随着时代的不断变化和生活条件的普遍改善, 近年来, 中国居民对食品的营养品质要求极其注重, 如何在人类饮食中消除或最大程度减少饱和脂肪酸, 降低心血管疾病的风险成为关注重点^[9-10]。因此, 聚焦于开发能降低饱和脂肪酸的健康且方便的脂质食品,

大理石花纹替代脂是脂质替代物中的一种, 属于油脂凝胶类, 由植物油作为基油, 添加一定的凝胶因子, 并通过一定条件制备而成, 兼顾食品的营养与安全。

Gandolfo等^[11]使用配置圆柱形探头的TA-XT2i质构仪测定一系列高级偶碳链脂肪醇(C₁₆~C₂₂)和一系列偶碳链脂肪酸(C₁₆~C₂₂)在不同质量分数(1.5%~11%)下制得油脂凝胶的硬度及不同贮存温度对凝胶硬度的影响, 通过硬度指标数据确定每种凝胶剂的凝胶化浓度及评价同浓度但不同凝胶剂的凝胶能力。Pernetti等^[12]将卵磷脂和三硬脂酸山梨糖醇酯混合作为复合低分子量凝胶剂, 研究2种不同凝胶剂混合的比例对油脂凝胶硬度的影响, 结果表明, 凝胶硬度与复合凝胶剂添加量并不呈正相关关系, 随凝胶剂含量增多, 油脂凝胶硬度反而降低, 原因可能是三硬脂酸山梨糖醇酯在植物油中过多溶解导致。马俪珍

*通信作者; 基金项目: 高等学校学科创新引智计划资助(项

等^[13-14]将卵磷脂、分子蒸馏单甘酯、Span 80及乳清浓缩蛋白等乳化剂分别加入到三级大豆油、纯净水成功制得一种白色或乳白色黏稠状W/O型食品乳状液,并通过试验发现所制得的产品乳化稳定性得到显著提高,且脂肪的结构、质地和风味也得到明显改善。

关于油脂凝胶质构的测定,主要以测定其硬度为主,忽略质构指标对油脂凝胶,即大理石花纹替代脂的影响。通过测定硬度,只能分析出产品的硬软程度,并不能整体概括出产品的口感及对其结构的分析,导致质构指标单一而出现误差等。因此,通过测定大理石花纹替代脂的TPA指标,包括硬度在内的咀嚼性、黏附性、弹性、胶黏性等,可以综合分析出产品的软硬程度、松散或黏稠程度和可塑程度等评价其整体口感,并通过胶黏性、内聚性等指标评价其内部结构,探究这些质构特性对大理石花纹替代脂的影响和分析它们之间相关性及对主成分的影响。

1 材料与方 法

1.1 主要材料与试剂

菜籽油(延吉市千盛超市);蛋黄卵磷脂(实验室制备); β -谷甾醇(上海阿拉丁试剂公司)。

1.2 仪器与设备

JY-1003型天平(上海舜宇恒平仪器公司);BG-711磁力搅拌器转子(京东洛捷曼歌专卖店);DHG-9203A型恒温培养箱(上海善志仪器设备有限公司);TMS-Pro型质构仪(美国FTC公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 大理石花纹替代脂的制备

以菜籽油为原油材料,称取20 mL菜籽油,添加油脂质量12%的谷甾醇与卵磷脂形成的低分子量复合凝胶剂(谷甾醇与卵磷脂质量比6:4),在100℃下磁力搅拌30 min使其凝胶剂充分溶解于菜籽油中。将磁力搅拌后的样品放入5℃冰箱中储藏24 h,置于恒温培养箱中25℃放置3 d。

1.3.2 凝胶质构特性研究

参考ISO 9665—1998方法,试验做3次平行,取平均值。质构仪测定条件为P/50探头,力量元感应量程1 000 N,检测高度20 mm,形变百分量50%,检测速度60 mm/min,起始力1 N。分析不同条件所制备的油脂凝胶样品质构特性指标变化趋势。

1.4 数据统计分析

采用SPSS Statistics 20软件进行数据的统计分析、相关性分析和主成分分析($p < 0.5$)。

2 结果与分析

2.1 凝胶剂添加量对大理石花纹替代脂质构的影响

图1是凝胶剂添加量对大理石花纹替代脂质构特性影响的综合分析结果。结果表明,硬度呈先升后降

趋势,于12%时达最大,黏附性、胶黏性、弹性和咀嚼性随添加量上升而上升,而内聚性则随添加量上升而下降。整体分析,凝胶剂添加量12%的替代脂TPA指标较为均衡,则以凝胶剂添加量12%进行后续试验。

从表1中可知,硬度与黏附性、咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$),与胶黏性、弹性呈显著正相关($p < 0.05$),与内聚性呈显著负相关($p < 0.05$)。黏附性与胶黏性、弹性、咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$),与内聚性呈显著负相关($p < 0.05$)。胶黏性与弹性呈极显著正相关($p < 0.01$),与咀嚼性呈显著正相关($p < 0.05$),与内聚性呈显著负相关($p < 0.05$)。内聚性与咀嚼性呈极显著负相关($p < 0.01$),与弹性呈显著负相关($p < 0.05$)。咀嚼性与弹性呈极显著正相关($p < 0.01$)。

利用食品质地多面剖析法^[15]、GB/T 16860—1997^[16]并结合图1对大理石花纹替代脂物性进行综合分析,随着添加量增加,替代脂口感逐渐由柔软向坚硬的方向变化,黏性变强,从最初的不可塑性质变成具有可塑性,甚至极具弹性,同时具有一定咀嚼性。

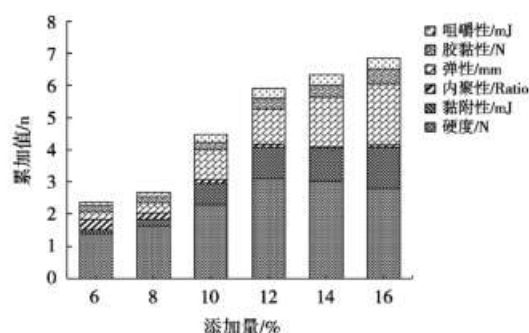


图1 凝胶剂添加量对大理石花纹替代脂的影响

表1 凝胶剂添加量对大理石花纹替代脂影响的相关性分析

指标	硬度	黏附性	胶黏性	内聚性	弹性	咀嚼性
硬度	1					
黏附性	0.938**	1				
胶黏性	0.827*	0.954**	1			
内聚性	-0.912*	-0.913*	-0.823*	1		
弹性	0.863*	0.976**	0.969**	-0.864*	1	
咀嚼性	0.968**	0.988**	0.914*	-0.923**	0.959**	1

注:**表示在0.01水平上(双侧)显著相关;*表示在0.05水平上(双侧)显著相关。

2.2 凝胶剂添加比例对大理石花纹替代脂质构的影响

图2是凝胶剂添加比例对大理石花纹替代脂质构特性影响的综合分析结果。结果表明,硬度呈先升后降的趋势,凝胶剂(谷甾醇:卵磷脂)添加比例6:4时达到最大,黏附性、胶黏性、弹性和咀嚼性随着卵磷脂在凝胶剂中的添加比例增加而逐渐变小,替代脂的内聚性随着卵磷脂在凝胶剂中的添加比例增加而逐渐变大。整体分析,凝胶剂(谷甾醇:卵磷脂)添加

比例6:4的凝胶TPA指标较为均衡,则以凝胶剂(谷甾醇:卵磷脂)添加比例6:4进行后续试验。

从表2中可知,硬度与黏附性、胶黏性、弹性、咀嚼性呈正相关,与内聚性呈极显著负相关($p < 0.01$)。黏附性与胶黏性呈极显著正相关($p < 0.01$),与弹性、咀嚼性呈显著正相关($p < 0.05$),与内聚性呈显著负相关($p < 0.05$)。胶黏性与内聚性呈显著负相关($p < 0.05$),与弹性、咀嚼性呈显著正相关($p < 0.05$)。内聚性与弹性、咀嚼性呈显著负相关($p < 0.05$)。弹性与咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$)。

利用食品质地多面剖析法^[15]、GB/T 16860—1997^[16]并结合图2对大理石花纹替代脂物性进行综合分析,凝胶剂(谷甾醇:卵磷脂)添加比例6:4时的替代脂口感良好,易黏,具有一定弹性,外表呈糊状,咀嚼程度适中。质感从软变硬,其替代脂内部结合能力也越差,替代脂也容易发黏,外表接近呈糊状。此外,替代脂质构弹性也极大影响其咀嚼的口感,弹性越好,越耐咀嚼。

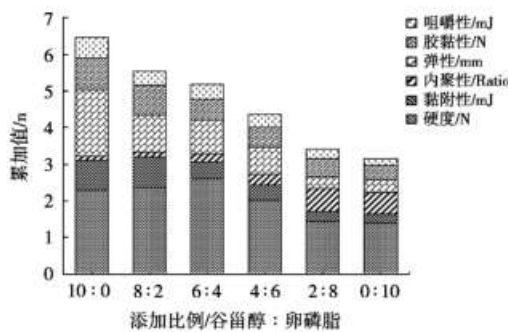


图2 凝胶剂添加比例对大理石花纹替代脂的影响

表2 凝胶剂添加比例对大理石花纹影响的相关性分析

指标	硬度	黏附性	胶黏性	内聚性	弹性	咀嚼性
硬度	1					
黏附性	0.735	1				
胶黏性	0.672	0.983**	1			
内聚性	-0.929**	-0.886*	-0.843*	1		
弹性	0.718	0.866*	0.897*	-0.874*	1	
咀嚼性	0.769	0.830*	0.878*	-0.880*	0.948**	1

注:**表示在0.01水平上(双侧)显著相关;*表示在0.05水平上(双侧)显著相关。

2.3 搅拌时间、加热温度对大理石花纹替代脂质构的影响

图3是加热温度和搅拌时间对大理石花纹替代脂质构特性影响的综合分析结果。结果表明,加热温度70~120℃时,硬度呈先升后降趋势,加热温度30 min时最大,黏附性、弹性、胶黏性和咀嚼性随着搅拌时间增加而变大,加热温度70 min时均达到最大,内聚性则无规律。整体来说,随着加热温度升高,TPA各指标均呈上升趋势,但替代脂在高温中会加速分解,产生不良气味,从而影响其品质^[17-18]。

从表3中可知,硬度与黏附性、弹性和咀嚼性呈正相关,与胶黏性、内聚性呈极显著负相关($p < 0.01$)。黏附性与弹性、咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$),与胶黏性呈显著正相关($p < 0.05$),与内聚性呈负相关。胶黏性与咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$),与内聚性呈显著正相关($p < 0.05$),与咀嚼性呈正相关。内聚性与弹性、咀嚼性呈负相关。弹性与咀嚼性呈极显著正相关($p < 0.01$)。

利用食品质地多面剖析法^[15]、GB/T 16860—1997^[16]并结合图2对大理石花纹替代脂物性进行综合分析,在加热温度100℃、搅拌时间30 min条件时,其替代脂口感良好,有一定胶性,易粘舌头,易被破碎。外表呈糊状,极具弹性,凝胶较嫩,咀嚼性稍差。替代脂随着时间增加,口感逐渐变硬,黏性变大,弹性逐渐增大,外表由糊状往胶状转变,具有一定可嚼性。替代脂随加热温度增加,100℃时TPA达最佳,110℃和120℃由于温度过高,对油脂品质造成破坏,其质构也受到一定影响,所以在凝胶作为食品生产中,应严格控制加热温度和搅拌时间。

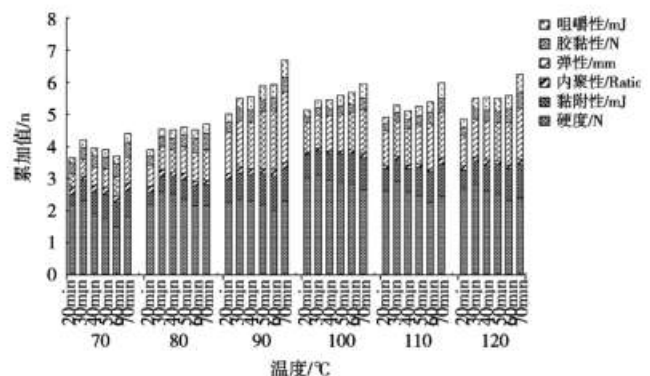


图3 搅拌时间、加热温度对大理石花纹替代脂的影响

表3 搅拌时间、加热温度对大理石花纹替代脂影响的相关性分析

指标	硬度	黏附性	胶黏性	内聚性	弹性	咀嚼性
硬度	1					
黏附性	0.005	1				
胶黏性	-0.658**	0.351*	1			
内聚性	-0.698**	-0.226	0.471*	1		
弹性	0.166	0.789**	0.244	-0.219	1	
咀嚼性	0.047	0.787**	0.538**	-0.056	0.817**	1

注:**表示在0.01水平上(双侧)显著相关;*表示在0.05水平上(双侧)显著相关。

2.3.1 主成分筛选及其贡献率

相关矩阵的特征值与贡献率如表4所示。主成分初始值对原有变量总体的描述,按照特征值大于1,方差贡献率大的来选主成分,第一主成分的贡献率为41.22%,第二主成分的贡献率为29.65%,二者累计贡献率为70.87%,因此可以通过这2个主成分反映绝大部分的信息。

表4 相关矩阵的特征值与贡献率

主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.47	41.22	41.22
2	1.78	29.65	70.87
3	0.59	9.85	
4	0.56	9.38	
5	0.35	5.82	
6	0.25	4.09	

2.3.2 因子载荷量分析

主成分的因子载荷量分析如图4、表5所示。因子载荷量能反映单个指标对主成分的贡献率的大小。经软件处理第一主成分和第二主成分主要包括硬度(S_1)、黏附性(S_2)、内聚性(S_3)、弹性(S_4)、胶黏性(S_5)、咀嚼性(S_6)。从图4可知,黏附性(S_2)、弹性(S_4)和咀嚼性(S_6)在 X_1 上载荷量较大(靠近 X 轴),即在第一主成分(替代脂的整体口感)上, S_2 、 S_4 和 S_6 这3个指标受温度和时间条件的影响较大;硬度(S_1)、内聚性(S_3)和胶黏性(S_5)在 X_2 上载荷量较大(靠近 Y 轴),即在第二主成分(替代脂的内部结构)上, S_1 、 S_3 和 S_5 这3个指标受温度和时间条件的影响较大。

根据表5中主成分的特征向量可以构建主成分与大理石花纹替代脂各TPA指标之间的线性关系式,即 $X_1=0.380S_1+0.346S_2-0.073S_3+0.353S_4+0.162S_5+0.357S_6$; $X_2=-0.446S_1-0.033S_2+0.443S_3-0.089S_4+0.390S_5+0.073S_6$ 。

以2个主成分 X_1 、 X_2 与其方差贡献率构建出大理石花纹替代脂质构的综合评价模型 X ,即 $X=0.58X_1+0.42X_2$ 。

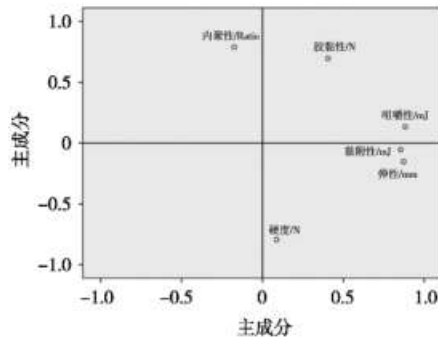


图4 主成分的因子载荷量分析图

表5 主成分的因子载荷量分析表

主成分	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
X_1	0.380	0.346	-0.073	0.353	0.162	0.357
X_2	-0.446	-0.033	0.443	-0.089	0.390	0.073

根据此模型结合图3 TPA各指标计算得出不同搅拌时间和加热温度条件对大理石花纹替代脂TPA影响的主成分分析结果如表6所示。加热温度100℃、搅拌时间30 min时, X 的得分最高,则替代脂质构效果最佳。

表6 加热温度、搅拌时间对大理石花纹替代脂TPA影响的主成分分析结果

组别 (温度/℃) σ	时间/min					
	20	30	40	50	60	70
X_1 (70)	1.18	1.40	1.25	1.28	1.19	1.41
X_1 (80)	1.52	1.56	1.54	1.54	1.31	1.53
X_1 (90)	1.98	2.26	1.99	1.86	1.71	1.84
X_1 (100)	1.99	2.05	1.96	1.92	1.82	1.91
X_1 (110)	1.85	2.01	1.82	1.77	1.72	1.84
X_1 (120)	1.90	2.11	1.88	1.88	1.68	1.89
X_2 (70)	-0.49	-0.60	-0.59	-0.67	-0.79	-0.89
X_2 (80)	-0.83	-0.79	-0.90	-1.01	-0.86	-1.00
X_2 (90)	-0.83	-0.97	-0.91	-0.93	-0.94	-0.95
X_2 (100)	-1.23	-1.11	-1.25	-1.30	-1.34	-1.36
X_2 (110)	-0.97	-0.97	-1.06	-1.10	-1.16	-1.25
X_2 (120)	-0.94	-0.94	-1.07	-1.07	-1.13	-1.19
X (70)	0.48	0.56	0.48	0.46	0.36	0.44
X (80)	0.53	0.57	0.52	0.47	0.40	0.47
X (90)	0.64	0.72	0.61	0.57	0.49	0.54
X (100)	0.80	0.90	0.77	0.69	0.60	0.67
X (110)	0.67	0.76	0.61	0.56	0.51	0.54
X (120)	0.71	0.83	0.64	0.64	0.50	0.60

3 结论

凝胶剂添加量12%、凝胶剂(谷甾醇:卵磷脂)添加比例6:4 g/g、搅拌时间30 min、加热温度100℃时,其凝胶TPA质构最佳,口感良好,有一定胶性,易黏,外表呈糊状,黏性变强,从最初的不可塑性变成具有可塑性,甚至极具弹性,同时具有一定咀嚼性。

参考文献:

- [1] 张宝泉. 不同品种肉牛的胴体长及大理石花纹的分析与研究[J]. 饲料博览, 2018(4): 82.
- [2] 管鹏宇, 张爱忠, 姜宁. 牛肉品质影响因素的研究进展[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(11): 39-43.
- [3] 张慧, 丁原春, 王喆, 等. 牛肉的营养价值及其嫩度的影响因素[J]. 饲料博览, 2019(11): 47-50.
- [4] 王佳佳, 邓源喜, 胡婉茹, 等. 牛肉的营养价值及其嫩化技术研究进展[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(13): 140-141, 144.
- [5] LEPETIT J. A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness[J]. Meat Science, 2007, 76: 147-159.
- [6] 金颖, 董玉影, 李官浩, 等. 成熟期间不同部位延边黄牛肉嫩度及质构特性的相关性分析[J]. 食品科技, 2015, 40(3): 132-135.
- [7] 车娟, 刘姣, 朱玉芳, 等. 饱和脂肪酸与心血管疾病关系的研究进展[J]. 天津医药, 2019, 47(6): 663-666.
- [8] FOROUHI N G, KOULMAN A, SHARP S J, et al. Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: the EPIC-InterAct case-cohort study[J]. Lancet Diabetes Endocrinol, 2014, 2(10): 810-818.

啤酒贮液缸液位稳定控制

赵阳¹, 汪海涛²

1. 河南工业职业技术学院(南阳 473000); 2. 许继集团有限公司(许昌 461000)

摘要 啤酒在生产过程中需要对其进行灌装, 而贮液缸液位如果控制不稳定会直接影响啤酒的质量和产量。为精确控制啤酒灌装液位, 设计一种基于RBF神经网络PID控制方法。建立贮液缸内液位数学模型, 为提高传统PID控制方法的自适应能力, 在PID控制中引入神经网络算法, 利用神经网络的自我学习能力, 实现对PID中比例、积分、微分3个参数的自适应调节。仿真结果表明, 经过RBF神经网络调节后的PID, 其输出响应曲线调节时间明显缩短, 超调量最大为1.8%, 采用该控制方法可大幅提高液位控制精度。

关键词 啤酒; 液位; RBF神经网络; 仿真

Liquid Level Stability Control of Beer Storage Tank

ZHAO Yang¹, WANG Haitao²

1. Henan Polytechnic Institute (Nanyang 473000); 2. XJ Group Corporation (Xuchang 461000)

Abstract Beer needs to be filled in the production process, and if the liquid level of the storage tank is not stable, it will directly affect the quality and output of beer. In order to accurately control the beer filling level, a PID control method based on RBF neural network was designed. In order to improve the self-adaptive ability of traditional PID control method, neural network algorithm was introduced into PID control, and the self-learning ability of neural network was used to realize the self-adaptive adjustment of PID parameters such as proportion, integral and differential. The simulation results showed that the adjusting time of the output response curve of PID adjusted by RBF neural network was obviously shortened, and the maximum overshoot was 1.8%. The control precision of liquid level could be greatly improved by using this control method.

Keywords beer; liquid level; RBF neural network; simulation

食品工业的快速发展使得食品机械迅速发展, 特别是包装类的机械设备, 大多数食品机械的设计目的是提高食品的生产效率和质量^[1-3]。尤其是在饮料行业, 同样与灌装机械密不可分。随着生活水平的快速提升, 消费者对于食品的安全以及质量要求越来越高, 因此对于灌装机的灌装精度及灌装速度要求更高^[4-5]。

啤酒灌装作为啤酒加工生产线上的最后一道工序, 其灌装液位精度直接影响灌装质量及生产效率, 因此啤酒灌装精度高低对于啤酒生产企业至关重要。啤酒液位灌装控制中通常采用PID进行控制, PID控制方法因其结构简单、算法易实现, 在工业控制领域中被广泛使用。PID控制中拥有3个重要参数, 即比例参

- [9] 夏天宇, 冯若楠, 张甜甜, 等. 脂肪酸与人类健康[J]. 畜牧兽医学杂志, 2018(3): 32-33.
- [10] WEECH M, ALTOWAJRI H, MAYNERIS-PERXACHS J, et al. Replacement of dietary saturated fat with unsaturated fats increases numbers of circulating endothelial progenitor cells and decreases numbers of microparticles: findings from the randomized, controlled dietary intervention and VAScular function (DIVAS) study[J]. *Am J Clin Nutr*, 2018, 107: 876-882.
- [11] GANDOLFO F G, BOT A, FLTER E. Structuring of edible oils by long-chain FA, fatty alcohols, and their mixtures[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2004, 81(1): 1-6.
- [12] PERNETTI M, VANMALSEN K, KALNIN D, et al. Structuring edible oil with lecithin and sorbitan tri-stearate[J]. *Food Hydrocolloid*, 2007, 21(5): 855-861.
- [13] 马佩珍, 董丹萍. 人造肥牛脂肪的营养评价及贮藏性研究[J]. *中国食品学报*, 2007, 7(1): 79-83.
- [14] 马佩珍, 董丹萍. W/O型人造肥牛脂肪的品质改进研究[J]. *中国油脂*, 2007, 32(2): 48-51.
- [15] 吴洪华, 姜松. 食品质地及其TPA测试[J]. *食品研究与开发*, 2005, 26(5): 128-130.
- [16] 国家技术监督局. 感官分析方法 质地剖面检验: GB/T 16860-1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [17] HIGAKI K, SASAKURA Y, KOYANO T, et al. Physical analyses of gel-like behavior of binary mixtures of high and low-melting fats[J]. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2003, 80(3): 263-270.
- [18] BARRIUSO B, ASTIASARÁN I, ANSORENA D. A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: A challenging task[J]. *Eur Food Res Technol*, 2013, 236(1): 1-15.