

色度学在婴儿奶粉色泽评价中的应用

陈文亮^{1,2,3}, 苏米亚^{1,2,3}, 贾宏信^{1,2,3}, 齐晓彦^{1,2,3}, 刘翠平^{1,2,3} (1. 乳业生物技术国家重点实验室, 上海 200436; 2. 上海乳业生物工程技术有限公司, 上海 200436; 3. 光明乳业有限公司乳业研究院, 上海 200436)

摘要 阐述了婴儿奶粉色泽评价的重要性及色度学测量方法, 分析了婴儿奶粉的色度学参数随时间的变化。结果表明, 对婴儿奶粉进行色度学测定可作为婴儿奶粉色泽评价的依据。 L^* 、 a^* 、 b^* 值及总体色差 ΔE 可以准确反映婴儿奶粉在贮存期间的色泽变化。

关键词 色度学; 婴儿奶粉; 色泽评价

中图分类号 TS252.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12155-02

Application of Colorimetry in Color Evaluation of Infant Formula

CHEN Wen-liang et al (State Key Laboratory of Dairy Biotechnology, Shanghai 200436)

Abstract The importance of color evaluation and the determination method of colorimetry of infant formula was introduced, and the change of colorimetry parameters with time were analyzed. The results showed that the color evaluation of infant formula measured by colorimetry is workable. The data of L^* , a^* , b^* and ΔE showed the color change of infant formula in the storage time precisely.

Key words Colorimetry; Infant formula; Color evaluation

颜色是一门很复杂的学科, 它涉及到物理学、生物学、心理学和材料学等多种学科。颜色是人的大脑对物体的一种主观感觉, 用数学方法来描述这种感觉是一件很困难的事。现在已有很多有关颜色的理论、测量技术和颜色标准, 目前常用的色泽表示方法主要有孟塞尔颜色体系^[1]、自然色彩系统(Natural Colour System, NCS)^[2]以及国际照明委员会(CIE)的颜色空间等。CIE 一直以来不断地推荐新的颜色空间及其有关色差公式, 以期能达到色差计算值与目测结果一致的目的, 从而对工业生产过程中的颜色质量进行控制和指导^[3], 其中较常用的方法有 CIE XYZ 颜色空间^[4]和 CIE $L^*a^*b^*$ 色空间法^[5]。CIE XYZ 颜色空间只是采用简单的数学比例方法, 描绘所要匹配颜色的三刺激值的比例关系, 而 CIE $L^*a^*b^*$ 色空间法则是由 CIE XYZ 颜色空间经过非线性变换得到, 使颜色空间的均匀性得到了改善, 现在已被世界各国正式采纳、作为国际通用的测色标准, 适用于一切光源色或物体色的表示与计算。

随着我国婴儿奶粉市场的发展, 人们对婴儿奶粉质量的要求也越来越高。婴儿奶粉质量不仅体现在营养成分方面, 而且也体现在粉体的物理感官指标方面, 其中色泽就是婴儿配方奶粉的一个重要的感官指标。婴儿奶粉中含有丰富的维生素、矿物质、不饱和脂肪酸等成分, 这些营养成分容易受到氧气、水分、光线、温度等的影响而使婴儿奶粉的色泽发生变化。目前对于婴儿配方奶粉的色泽评价一直处于目视比色法的定性化阶段, 受观测者自身条件、光照条件等因素影响较大, 存在较大的局限性。因此笔者试图引进色度学方法, 通过测定 CIE $L^*a^*b^*$ 色空间法的 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 对婴儿奶粉的色泽进行定量分析, 按照国际标准用数字表达颜色, 从而摆脱婴儿奶粉色泽评价的模糊性和主观性, 为婴儿奶粉

的色泽评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料 婴儿奶粉: 适合 0 至 6 个月龄婴儿食用的市售某品牌 1 段婴儿奶粉。主要仪器: ColorFlex EZ 型号色差仪, 美国 HunterLab 公司生产, 光源 D65, 观察者 10°。

1.2 色差计算方法 CIE $L^*a^*b^*$ 色空间法的 L^* 、 a^* 、 b^* 值可经过 CIE XYZ 颜色空间的三刺激值 X、Y、Z 非线性转换得到, 其中 L^* 表示明度, $L^* = 0$ 表示黑色, $L^* = 100$ 表示白色, a^* 、 b^* 为色度坐标, 组成的色度平面是一个圆, 表示不同的色彩方向。 a^* 表示红—绿方向, $+a^*$ 方向越向圆周, 颜色越接近纯红色, $-a^*$ 方向越向外, 颜色越接近纯绿色。 b^* 表示黄—蓝方向, $+b^*$ 方向是黄色增加, $-b^*$ 方向蓝色增加。X、Y、Z 与 L^* 、 a^* 、 b^* 对应的变换关系为^[6-7]:

$$L^* = 116Y^* - 16$$

$$a^* = 500(X^* - Y^*)$$

$$b^* = 200(Y^* - Z^*)$$

当 $X/X_n > 0.008856$ 时:

$$X^* = (X/X_n)^{1/3}$$

$$Y^* = (Y/Y_n)^{1/3}$$

$$Z^* = (Z/Z_n)^{1/3}$$

当 $X/X_n < 0.008856$ 时:

$$X^* = 0.787X/X_n + 0.138$$

$$Y^* = 0.787Y/Y_n + 0.138$$

$$Z^* = 0.787Z/Z_n + 0.138$$

式中, X, Y, Z 为颜色三刺激值; X_n, Y_n, Z_n 为 CIE 标准照明体照射在完全漫反射体上, 经反射到观察者眼中的三刺激值。对于标准 D65 光源, X_n, Y_n, Z_n 分别取 95.017、100、108.813。

2 个按 L^* 、 a^* 、 b^* 标定的颜色, 两者之间的总体色差可用 ΔE 表示:

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

式中, $\Delta L^* = L_T^* - L_R^*$; $\Delta a^* = a_T^* - a_R^*$; $\Delta b^* = b_T^* - b_R^*$ 。

当 $\Delta L^* > 0$ 时, 说明测试样(T)比参考样(R)浅, 明度

基金项目 国家 973 计划课题(2012CB723706); 国家农业科技成果转化资金课题(2012GB2C000141)。

作者简介 陈文亮(1979-), 男, 江西丰城人, 高级工程师, 硕士, 从事乳粉新产品的研究与开发。

收稿日期 2013-09-23

高,反之则低;当 $\Delta a^* > 0$ 时,说明测试样(T)比参考样(R)偏红,反之则偏绿;当 $\Delta b^* > 0$ 时,说明测试样(T)比参考样(R)偏黄,反之则偏蓝。 ΔE 越大则表示所测样品与参照样的颜色差异越大。色差 ΔE 的单位为 NBS(National Bureau of Standards Unit,美国国家标准局缩写, $\Delta E = 1$ 即称为 1 个 NBS 色差单位),1 个 NBS 单位相当于视觉识别阈值的 5 倍,表示一般目光能辨别的很微小颜色间的差别。表 1 列出了色差 NBS 单位与视觉感受值的对应关系。

表 1 色差 NBS 单位的视觉感受值

色差 NBS 单位	色差的视觉感受值	色差 NBS 单位	色差的视觉感受值
0~0.5	极微	3.0~6.0	可识别/非常明显
0.5~1.5	微小	6.0~12.0	大
1.5~3.0	可察觉/明显	12.0 以上	非常大

1.3 样品的色度学测定 按照仪器提示进行仪器的校正操作,分别将黑玻璃板和白玻璃板放在反射口进行标准校正。系统提示校正成功后,即可进行样品测量。将待测样品放在仪器反射口,按下测试键,即可显示测定结果,设定检测结果以 L^* 、 a^* 、 b^* 值表示。

2 结果与分析

以最新上市销售的婴儿奶粉为参照样,然后每隔 3 个月对同批次的婴儿奶粉样品进行色度学测定,结果见表 2。

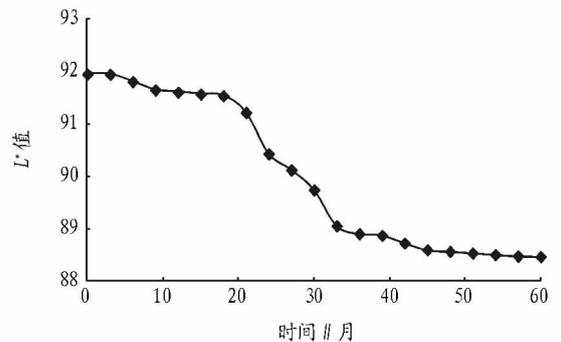
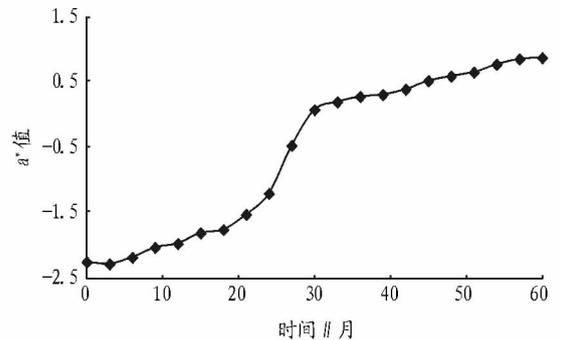
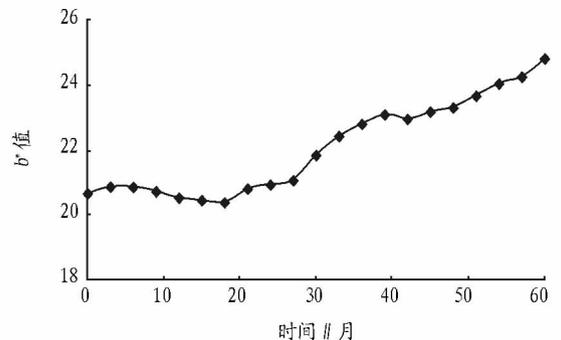
表 2 婴儿奶粉的色度学测定结果

时间 个月	L^*	a^*	b^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
0(参照样)	91.96	-2.23	20.70	0	0	0	0
3	91.95	-2.26	20.91	-0.01	-0.03	0.21	0.21
6	91.81	-2.16	20.90	-0.15	0.07	0.20	0.26
9	91.65	-2.01	20.77	-0.31	0.22	0.07	0.38
12	91.61	-1.95	20.57	-0.35	0.28	-0.13	0.47
15	91.57	-1.79	20.49	-0.39	0.44	-0.21	0.62
18	91.54	-1.74	20.43	-0.42	0.49	-0.27	0.70
21	91.22	-1.51	20.85	-0.74	0.72	0.15	1.04
24	90.43	-1.19	20.98	-1.53	1.04	0.28	1.87
27	90.12	-0.46	21.11	-1.84	1.77	0.41	2.58
30	89.74	0.08	21.89	-2.22	2.31	1.19	3.41
33	89.05	0.20	22.48	-2.91	2.43	1.78	4.18
36	88.9	0.28	22.86	-3.06	2.51	2.16	4.50
39	88.87	0.31	23.15	-3.09	2.54	2.45	4.69
42	88.72	0.39	23.01	-3.24	2.62	2.31	4.76
45	88.59	0.52	23.24	-3.37	2.75	2.54	5.03
48	88.56	0.59	23.37	-3.40	2.82	2.67	5.16
51	88.53	0.65	23.73	-3.43	2.88	3.03	5.40
54	88.5	0.77	24.11	-3.46	3.00	3.41	5.71
57	88.47	0.85	24.32	-3.49	3.08	3.62	5.89
60	88.46	0.87	24.89	-3.50	3.10	4.19	6.27

随着常温放置时间的延长,婴儿奶粉的 L^* 值总体呈现下降趋势,说明奶粉颜色逐渐变暗,且在 20 个月后颜色变暗的速度加快,在 33 个月以后颜色变暗的速度开始减慢(图 1); a^* 值呈现随时间延长而逐渐由负值向正值转变的趋势,说明奶粉颜色逐渐变红,且在 20 个月后颜色变红的速度加快(图

2); b^* 值在 30 个月之前变化较小,在 30 个月之后呈现缓慢上升趋势,说明奶粉在 30 个月之前黄色变化很小,而在 30 个月之后黄色加深(图 3)。

总体色差 ΔE 呈现出随时间延长而增大的趋势,在 20 个月以内, ΔE 小于 1.0 且变化较小,说明婴儿奶粉的色差视觉感受值变化是微小的,此时采用目视法评价色泽变化是不准确的,从第 24 个月开始, ΔE 超过 1.5 并且增大趋势加快,说明此时奶粉色泽变化已经明显可察觉,并且以更快的速度继续变化(图 4)。

图 1 婴儿奶粉 L^* 值与时间的关系图 2 婴儿奶粉 a^* 值与时间的关系图 3 婴儿奶粉 b^* 值与时间的关系

3 结论

试验得出,随着常温放置时间的延长,婴儿奶粉的 L^* 值下降; a^* 值呈现由负值向正值转变的上升趋势; b^* 值开始变化较小,在 30 个月之后呈现缓慢上升趋势; ΔE 随时间延长而增大,在 20 个月以内, ΔE 小于 1.0 且变化较小。

婴儿奶粉在 20 个月内的色差视觉感受值变化是微小的,由于婴儿奶粉的保质期通常只有 24 个月,因此传统的目

(下转第 12159 页)

力 300 MPa, 保压时间 30 min, 温度 60 ℃。此加工条件下的洋葱与未处理的新鲜洋葱相比较, 辣味及刺激性气味明显降低且带有甜味, 色泽鲜亮。

表 1 正交优化试验因素水平设计

水平	因素		
	压力(A)	保压时间(B)	温度(C)
	MPa	min	℃
1	200	20	40
2	300	30	50
3	400	40	60

表 2 正交试验结果

试验号	因素				相对残留酶活//%
	A	B	C	D	
1	1	1	1	1	66.25
2	1	2	2	2	62.98
3	1	3	3	3	59.22
4	2	1	2	3	50.19
5	2	2	3	1	41.54
6	2	3	1	2	51.59
7	3	1	3	2	43.13
8	3	2	1	3	52.72
9	3	3	2	1	49.98
K_1	62.817	53.190	56.853	52.590	
K_2	47.773	52.413	54.383	52.567	
K_3	48.610	53.597	47.963	54.043	
R	15.044	1.184	8.890	1.476	

3 结论

该试验研究了通过中温协同超高压钝化洋葱中蒜氨酸酶以降低洋葱辣味工艺条件, 钝化洋葱中的一部分蒜氨酸酶不仅可使洋葱辣度及刺激性气味明显降低, 还可适当地保留

其功效成分。结果表明, 在 300 MPa, 保压时间 30 min, 温度 60 ℃的工艺条件下, 洋葱的蒜氨酸酶残留酶活可降到 41.54%。此加工方法有效提高了洋葱的食疗价值, 并且可为洋葱新产品的开发提供技术和理论支撑。

参考文献

- [1] 冯长根, 吴悟贤, 刘霞, 等. 洋葱的化学成分及药理作用研究进展[J]. 上海中医药杂志, 2003, 37(7): 63-65.
- [2] 王辉, 李景明, 马钊, 等. 洋葱中含硫化化合物的生理功效[J]. 食品工业科技, 2005, 26(5): 187.
- [3] 荀萍. 蒜氨酸酶的研究[J]. 生物学通报, 2004, 39(8): 9.
- [4] CORZO-MARTINEZ M, CORZO N, VILLAMIEL M. Biological properties of onions and garlic[J]. Trends in Food Science & Technology, 2007, 18: 609.
- [5] JONES M G, HUGHES JILL, ANGELA TREGOVA. Biosynthesis of the avour precursors of onions and garlic[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(404): 1903.
- [6] 吴怀祥. 高压食品加工[J]. 食品科学, 1996, 17(1): 3-9.
- [7] 陈祥奎. 超高压杀菌新技术[J]. 食品与发酵工业, 1995(4): 67-79.
- [8] 冯高迁, 曹阳, 李阳, 等. 金属离子对洋葱中风味前体物质定向生成甲基丙基二硫化物的影响[J]. 食品工业科技, 2008, 29(10): 4.
- [9] SCHWIMMER S, KJATER A. Purification and specificity of the C-S lyase of *Albizia lophanta*[J]. Biochem Biophys Acta, 1968, 42: 316-324.
- [10] MORILD E. The theory of pressure effects on enzymes[J]. Advances in Protein Chem, 1981, 34: 93-166.
- [11] 马永昆. 热力、非热力处理对哈密瓜汁香气、酶和微生物的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2004: 13-15.
- [12] WEEMAES C, RUBENS P, CORDT S, et al. Temperature sensitivity and pressure Resistance of mushroom polyphenoloxidase[J]. J Food Sci, 1997, 62(2): 261-266.
- [13] BROECK I V, LUDI KHUYZE L R, LOEY A M V, et al. Inactivation of orange pectinesterase by combined high-pressure and temperature treatments: a kinetic study[J]. Agric Food Chem, 2000, 48(5): 1960-1970.
- [14] GOMES M R A, LEDWARD D A. Effect of high-pressure treatment on the activity of some Polyphenoloxidases[J]. Food Chemistry, 1996, 56(1): 1-5.
- [15] THOMAS D J, PARKIN K L. Immobilization and characterization of C-S lyase from onion (*Allium cepa*) bulbs[J]. Food Biotechnology, 1991, 5(2): 139-159.

(上接第 12156 页)

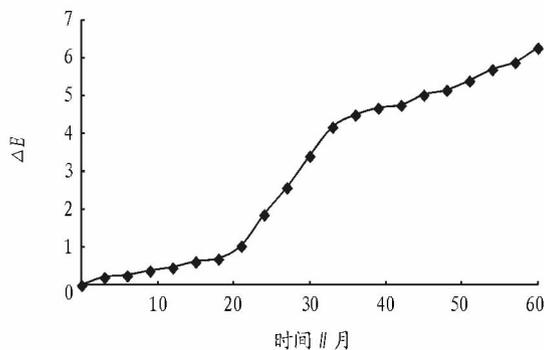


图 4 婴儿奶粉 ΔE 值与时间的关系

视比色法不能很好地表达婴儿奶粉细微的色泽变化, 采用目视法评价色泽变化是不准确的。

试验表明, 对婴儿奶粉进行色度学测定, 可作为婴儿奶

粉色泽评价的依据。CIE $L^* a^* b^*$ 色空间法的 L^* 、 a^* 、 b^* 值及总体色差 ΔE 可以准确反映婴儿奶粉在贮存期间的色泽变化, 避免了目视法评价婴儿奶粉色泽的模糊性和主观性。

参考文献

- [1] 刘伟奇, 冯睿, 周丰昆. 孟塞尔颜色系统与人眼主观亮度的关系[J]. 光学精密工程, 1998(3): 31-35.
- [2] 陈金梅, 李友友, 谭坤. 基于 NCS 色彩系统的传统主题网站色彩分析[J]. 包装工程, 2012(22): 76-79.
- [3] 周磊, 徐海松. 色差公式在物体色测量与评价中的应用研究[C]// 大衍先生九十华诞文集暨中国光学学会 2004 年学术大会论文集. 杭州: 浙江大学出版社, 2004: 95-99.
- [4] 秦霆镐, 陈丽娜, 赵丽丽, 等. 烟叶颜色在 1931 CIE-XYZ 色度系统中的变化[J]. 湖北农业科学, 2010(4): 964-967.
- [5] 金杨, 刘真, 王鹏飞. CIE $L^* a^* b^*$ 色空间色调角对比敏感度函数研究[J]. 北京理工大学学报, 2013(8): 824-828.
- [6] 汤顺青. 色度学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990.
- [7] ZHOU S Q, ZHAO D Z. Study on tri-stimulus transformation[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2000, 9(1): 37-44.