

重量法结合氨基酸分析法测定婴幼儿配方乳粉中小分子蛋白肽含量

Determination of small molecular peptides in infant formula milk powder by gravimetric method combined with amino acid analysis

黄伟乾 霍玟希 许丽珠 何敏恒

HUANG Wei-qian HUO Wen-xi XU Li-zhu HE Min-heng

吴俊发 郑学殷 罗浩

WU Jun-fa ZHENG Xue-yin LUO Hao

(广州检验检测认证集团有限公司, 广东 广州 511447)

(Guangzhou Trusted Testing & Certification Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511447, China)

摘要:目的:建立婴幼儿配方乳粉中小分子肽含量的定量分析方法。方法:分别采用凯氏定氮法、重量法、离子交换色谱等方法测定婴幼儿配方乳粉中总蛋白、高分子蛋白和游离氨基酸含量,通过计算求得小分子蛋白肽含量。结果:高分子蛋白检测精密度 RSD ($n=6$) 为 0.74%; 17 种氨基酸回收率为 91.0%~103.2%,检测结果的相对偏差为 0.6%~2.5%;小分子蛋白肽添加回收率为 95.2%~98.2%。结论:所建方法精密度和回收率良好,可用于婴幼儿配方乳粉中小分子肽含量的测定。

关键词:高分子蛋白;小分子蛋白肽;氨基酸;总蛋白;婴幼儿配方乳粉

Abstract: **Objective:** Combined with the determination of macromolecular protein, amino acid and total protein, a quantitative analysis method for the content of small molecular peptides in infant formula milk powder was established. **Methods:** The contents of total protein, polymer protein and free amino acid in infant formula milk powder were determined by Kjeldahl nitrogen determination method, gravimetric method and ion exchange chromatography, and then the contents of small molecular protein peptide were calculated. **Results:** The precision RSD of the macromolecular protein detection ($n=6$) was 0.74%; The recovery rates of the 17 kinds of amino acids were 91.0%~103.2%, and the relative deviations of the detection results were 0.6%~2.5%. The recovery rates of small molecular weight

peptides were 95.2%~98.2%. **Conclusion:** The established method has been validated by methodology, with good precision and recovery rate, and can be used for the determination of small molecular peptides in infant formula milk powder.

Keywords: high molecular weight protein; small molecular weight peptide; amino acid; total protein; infant formula milk powder

乳蛋白是重要的优质蛋白之一,其中婴幼儿配方食品是母乳的主要替代品之一^[1]。蛋白质的水解有利于人体吸收,乳蛋白水解后在一定程度上可降低致敏^[2-3]风险,且蛋白质水解成二肽或三肽的产物在人体内要比氨基酸和未水解的蛋白质更易于吸收;将婴幼儿奶粉进行适度水解或在其配料中添加适量的水解乳清蛋白粉^[4],可降低致敏性,帮助婴幼儿更好吸收。经研究分析,婴幼儿配方乳粉中总蛋白含量为 10%~20%,其中包括高分子蛋白、小分子蛋白肽以及氨基酸。

目前有关蛋白肽的研究主要为小分子蛋白肽的分子量分布^[5-6]、活性功能及功效^[7-12]以及在食品方面的应用^[13]等,但对食品中肽含量的检测研究较少,且未见婴幼儿配方乳粉中小分子肽^[14]含量的报道。高分子蛋白^[15]在酸性条件下易被沉淀,但相对分子质量较小的蛋白水解物(包括小分子蛋白肽和游离氨基酸^[16-18])易溶于酸性溶液(如三氯乙酸溶液)中。研究拟基于以上原理,通过测定婴幼儿配方乳粉中总蛋白、高分子蛋白和游离氨基酸含量,建立其小分子蛋白肽的分析方法,以期填补婴幼儿配方乳粉中小分子蛋白肽含量检测技术的空白,为产品质量的监管提供依据。

基金项目:广州市市场监督管理局科技项目(编号:2020kj47)

作者简介:黄伟乾(1986—),男,广州检验检测认证集团有限公司,中级质量工程师。E-mail:494333067@qq.com

收稿日期:2022-04-03 改回日期:2022-10-09

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

婴幼儿配方乳粉(12批):市售;

大豆肽粉:肽含量81.0%,市售;

氨基酸混合标准溶液(16种):2.50 μmol/mL,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;

L-色氨酸标准品:纯度>99%,上海安谱实验科技股份有限公司;

酪蛋白(药典标准品):中国食品药品检定研究所;

三氯乙酸、硫酸、硫酸铜、硫酸钾、磺基水杨酸、盐酸、柠檬酸钠、丙酮:分析纯,广州化学试剂厂;

硅藻土:分析纯,上海阿拉丁生化科技股份有限公司;

茚三酮、钾钠缓冲液:赛卡姆(SYKAM)科学仪器有限公司;

乙腈、甲醇、三氯乙酸:色谱纯,赛默飞世尔科技有限公司。

1.2 仪器与设备

氨基酸分析仪:S-433D型,赛卡姆(SYKAM)科学仪器有限公司;

氨基酸分析柱:LCA K06/Na型,赛卡姆(SYKAM)科学仪器有限公司;

全自动凯氏定氮仪:8400型,福斯华(北京)科贸有限公司;

纯水系统:Aquaplore 2S型,重庆艾科浦颐洋企业发展有限公司;

分析天平:MS204T型,梅特勒-托利多测量设备(上海)有限公司;

高速离心机:3-30K型,西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司;

干燥箱:FD115型,广东东南科创科技有限公司;

真空干燥箱:VD53型,广东东南科创科技有限公司;

G₂砂芯滤坩:孔径40~60 μm,鹿头牌,长春市玻璃仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 高分子蛋白含量测定 称取约2.0 g婴幼儿配方乳粉样品,加入30 mL 100 g/L三氯乙酸溶液溶解,超声5 min,4 ℃、10 000 r/min离心10 min,向沉淀物中加入5 mL 100 g/L三氯乙酸重复洗涤、离心3次,残渣转至已恒重的平铺硅藻土的G₂砂芯滤坩中过滤,水洗3次,再用水洗至中性,用30 mL丙酮分3次冲洗,挥干溶剂,65 ℃烘干至恒重,即可得高分子蛋白的质量。24 h内测定6个平行样,计算相对标准偏差,并按式(1)计算高分子蛋白含量。

$$X_G = \frac{(m_1 - m_0) \times (1 - w)}{m} \times 100, \quad (1)$$

式中:

X_G ——高分子蛋白含量,g/100 g;

m ——样品质量,g;

m_1 ——滤坩和残渣的质量,g;

m_0 ——空滤坩的质量,g;

w ——样品的水分含量,%。

1.3.2 17种氨基酸的色谱分析 称取样品约1.0 g,加10 g/L三氯乙酸溶解,并定容至25 mL,超声提取5 min,15 000 r/min高速离心5 min,取上层液过滤膜后上机检测,可用单标准点外标法进行定量。色谱条件:氨基酸分析柱(含除氮柱),柱温57 ℃,水解温度135 ℃,进样量50 μL;检测波长570,440 nm;流速0.45 mL/min;柱后衍生液流速0.25 mL/min,梯度洗脱程序见表1。

表1 淋洗梯度程序

Table 1 Elution gradient program

时间/min	A pH 3.25 缓冲液/%	B pH 10.85 缓冲液/%	D 0.5 mol/L NaOH/%
0.01	100	—	—
3.50	100	—	—
11.00	90	10	—
14.00	90	10	—
17.00	80	20	—
24.00	65	35	—
30.00	25	75	—
36.00	15	85	—
39.00	—	100	—
47.50	—	100	—
47.60	—	—	100
51.90	—	—	100
52.00	100	—	—
65.00	100	—	—

1.3.3 总蛋白含量测定 根据GB 5009.5—2016,蛋白换算系数以6.25计。

1.3.4 小分子肽含量测定 婴幼儿配方乳粉中小分子蛋白肽含量可通过总蛋白含量与高分子蛋白、17种氨基酸的差值计算得出。按式(2)计算小分子肽含量。

$$X = X_{TP} - X_G - X_{AN}, \quad (2)$$

式中:

X ——小分子肽含量,g/100 g;

X_{TP} ——样品中总蛋白含量,g/100 g;

X_G ——样品中高分子蛋白含量,g/100 g;

X_{AN} ——样品中17种氨基酸总量,g/100 g。

1.4 数据处理

使用金山 WPS 2019 进行数据整理及分析,采用 sykam 自带的控制软件进行 17 种氨基酸检测数据的采集和处理,以外标法计算各氨基酸含量。

2 结果与分析

2.1 高分子蛋白的检测及验证

2.1.1 高分子蛋白的检测 试验发现,高分子蛋白含量检测的平均结果为 3.35%,精密密度为 2.06%(n=6)。

2.1.2 高分子蛋白的检测结果验证 婴儿配方乳粉中酪蛋白/蛋白质占比不高于 40%,较大婴儿配方乳粉中酪蛋白/蛋白质占比不高于 60%,且酪蛋白分子量较大(分子量为 19 000~25 000 Da),故选取与婴儿配方乳粉基体相匹配的酪蛋白为研究对象,考察方法的精密密度。试验发现,酪蛋白回收率为 95.8%~99.0%,精密密度为 1.02%(n=6),表明高分子蛋白在三氯乙酸溶液中形成微胶粒失去电荷而凝固被沉淀分离,形成的微胶粒的直径大于 G₂ 砂芯滤网的孔径而被截留,说明检测结果的精密密度和回收率良好,可用于高分子蛋白的含量检测。

2.2 17 种氨基酸色谱分析法优化

2.2.1 前处理方式优化 比较了盐酸溶液(1+3)调蛋白质的等电点(pH 4.5),10 g/L 三氯乙酸溶液沉淀,35 g/L 磺基水杨酸沉淀 3 种常见的前处理方式,样品分析图谱如图 1~图 3 所示。结果表明,在磺基水杨酸及三氯乙酸条件下,17 种氨基酸溶解于酸性溶液较佳,由于氨

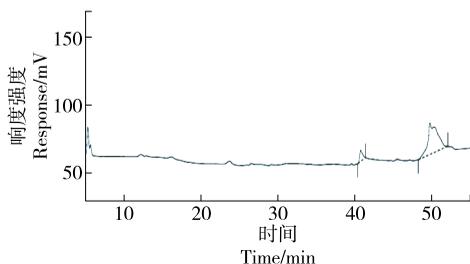


图 1 蛋白质的等电点(pH 4.5)处理对氨基酸色谱图的影响

Figure 1 Effects of isoelectric spot processing of proteins on the chromatogram

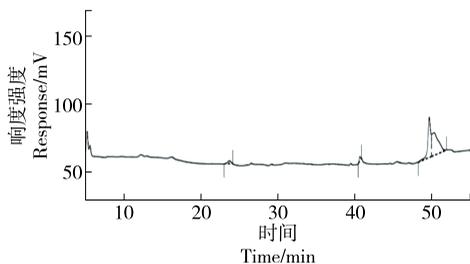


图 2 三氯乙酸溶液处理对氨基酸色谱图的影响
Figure 2 Effects of trichloroacetic acid solution treatment on chromatogram

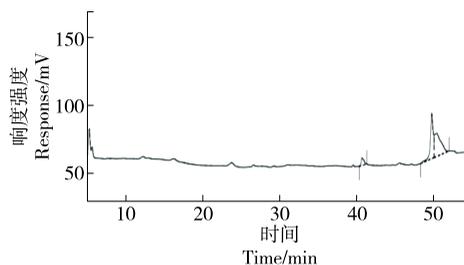


图 3 磺基水杨酸处理对氨基酸色谱图的影响
Figure 3 Effect of sulfosalicylic acid treatment on chromatogram

氨酸是一种具有两性官能团物质,分子结构表现出氨基的碱性和羧基的酸性,但蛋白的酸沉淀效果较明显且易去除,考虑到与高分子蛋白检测的匹配性,而且三氯乙酸溶液的使用浓度较低,对色谱柱的影响更小,故采用三氯乙酸进行前处理。

三氯乙酸质量浓度为 5,10,15,20,30 g/L 时,随着其质量浓度的增加,样品处理溶液越澄清,蛋白凝结沉淀越明显;当三氯乙酸质量浓度 > 15 g/L 时,pH 较低,干扰了起始流动相的缓冲体系,酸性溶液中的大量 H⁺ 打破了 Na 型氨基酸分析柱中离子交换树脂上的离子交换平衡,酸性氨基酸的保留时间稍提前,影响了氨基酸色谱的定性准确性,因此,最终确定三氯乙酸质量浓度为 10 g/L。

2.2.2 色谱条件优化 直接选用成熟的氨基酸分析仪^[19]柱后衍生检测方案,其流动相的配方比较固定且商品化程度较高。由图 4 可知,17 种目标氨基酸在 55 min 内全部出峰,各色谱峰基本分离,峰形较对称,干扰较少且基线平稳,灵敏度较高,可满足检测的要求。

2.2.3 回收率与精密密度试验 由表 2 可知,17 种氨基酸在 0.02~0.10 μmol/g 加标水平下,回收率为 91.0%~103.2%,相对标准偏差 RSD(n=3)为 0.6%~2.5%。结果表明,三氯乙酸溶液对 17 种氨基酸的前处理效果较佳,且具有良好的回收率和精密密度,能满足 GB/T 27417—2017 要求,可用于婴幼儿配方乳粉中 17 种氨基酸的测定。

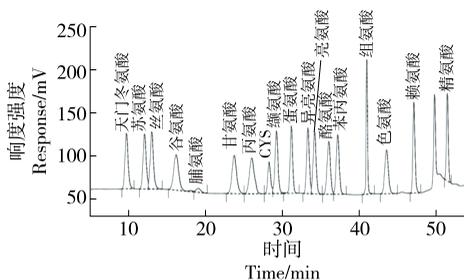


图 4 17 种氨基酸标准色谱图
Figure 4 The standard chromatogram of 17 amino acids (570 nm)

表 2 17 种游离氨基酸的回收率和精密度测定结果

Table 2 Recovery and precision determination results of 17 kinds of free amino acids ($n=3$)

化合物	添加水平/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$)	回收率/%			RSD/%	化合物	添加水平/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$)	回收率/%			RSD/%
		试验 1	试验 2	试验 3				试验 1	试验 2	试验 3	
天门冬氨酸	0.02	96.2	94.6	97.3	1.4	异亮氨酸	0.02	96.6	94.5	95.1	1.1
	0.05	97.0	95.8	98.1	1.2		0.05	98.7	97.4	97.6	0.7
	0.10	98.8	98.0	97.1	0.9		0.10	99.2	99.0	97.8	0.8
苏氨酸	0.02	95.6	92.1	92.4	2.1	亮氨酸	0.02	95.4	94.4	92.1	1.8
	0.05	98.1	97.8	99.2	0.7		0.05	96.3	94.8	92.5	2.0
	0.10	100.5	98.5	100.3	1.1		0.10	99.8	98.1	98.0	1.0
丝氨酸	0.02	95.0	94.7	96.9	1.2	酪氨酸	0.02	93.8	92.1	90.6	1.7
	0.05	96.2	95.8	97.8	1.1		0.05	96.6	95.1	93.2	1.8
	0.10	97.6	97.1	98.8	0.9		0.10	100.9	98.1	97.3	1.9
谷氨酸	0.02	95.4	92.2	93.1	1.8	苯丙氨酸	0.02	95.5	91.0	92.1	2.5
	0.05	98.1	94.7	93.8	2.4		0.05	98.5	97.1	96.0	1.3
	0.10	103.2	101.2	99.5	1.8		0.10	101.5	98.5	99.1	1.6
脯氨酸	0.02	95.1	94.8	93.8	0.7	组氨酸	0.02	95.7	93.1	94.1	1.4
	0.05	96.0	95.8	97.6	1.0		0.05	97.8	96.8	95.8	1.0
	0.10	100.1	99.7	98.8	0.7		0.10	98.5	99.2	95.5	2.0
甘氨酸	0.02	95.9	95.1	94.3	0.8	赖氨酸	0.02	94.9	93.1	95.5	1.3
	0.05	97.3	96.5	95.9	0.7		0.05	96.1	94.5	96.8	1.2
	0.10	98.1	97.8	99.1	0.7		0.10	98.9	97.5	98.5	0.7
丙氨酸	0.02	94.5	93.1	96.2	1.6	精氨酸	0.02	94.6	91.5	92.4	1.7
	0.05	98.3	97.5	99.1	0.8		0.05	98.1	94.6	95.8	1.8
	0.10	100.1	98.1	98.8	1.0		0.10	99.0	97.8	101.2	1.7
缬氨酸	0.02	95.3	95.5	94.1	0.8	色氨酸	0.02	95.1	96.8	93.1	1.9
	0.05	98.0	97.8	99.0	0.7		0.05	97.2	95.2	97.1	1.2
	0.10	97.6	97.1	98.2	0.6		0.10	97.9	98.5	99.6	0.9
蛋氨酸	0.02	97.0	96.1	95.9	0.6						
	0.05	98.4	97.8	96.8	0.8						
	0.10	98.9	97.5	97.6	0.8						

2.3 小分子蛋白肽的检测结果验证

婴幼儿配方乳粉中小分子肽(分子量一般在 3 000 Da 以下)基本溶解于酸性溶液中,检测发现婴幼儿配方乳粉中小分子肽含量较低,故以添加适量大豆肽粉验证小分子蛋白肽的检测结果。对婴幼儿配方奶粉样品添加 2.0%,3.5%,5.0%的大豆肽粉,按该方法进行试验($n=3$),其回收率为 95.2%~98.2%,精密度为 0.8%~0.9%,可满足婴幼儿配方乳粉中小分子蛋白肽含量检测需要。

2.4 实际样品检测

使用优化后的方法对在当地市场随机购买的 12 个样品进行测定(含婴幼儿配方奶粉 10 个、特殊医学用婴幼儿配方食品 2 个),小分子蛋白肽含量测定结果见表 3。

由表 3 可知,婴幼儿配方乳粉样品基本上含少量的小分子蛋白肽,但经水解工艺处理或配料表中含有水解乳清蛋白原料的样品中检出小分子蛋白肽含量较明显,且与样品的标识一致。样品中小分子肽和氨基酸含量较高,样品中蛋白的水解程度较高。

3 结论

采用重量法结合氨基酸分析,对总蛋白、高分子蛋白、17 种氨基酸进行了检测,建立了婴幼儿配方乳粉中小分子肽含量的定量分析方法。方法学评价结果表明,该方法精密度及回收率良好,可用于婴幼儿配方乳粉中小分子肽含量的测定。

表 3 12 个样品检测结果
Table 3 Test results of 12 samples g/100 g

样品	总蛋白含量	高分子蛋白含量	17 种氨基酸含量	小分子肽含量
婴儿配方奶粉 a	11.10	9.87	0.022 9	1.207
较大婴儿配方奶粉 b	15.02	13.39	0.061 6	1.568
较大婴儿配方奶粉	15.51	13.66	0.038 6	1.811
幼儿配方奶粉 d	16.02	14.45	0.050 3	1.520
婴儿配方奶粉 e	11.22	9.75	0.029 1	1.441
婴儿配方羊奶粉 f	11.04	9.32	0.041 0	1.679
幼儿配方奶粉 g	16.43	14.98	0.042 3	1.408
幼儿配方奶粉 h	17.52	15.65	0.039 3	1.831
幼儿配方奶粉 i	16.74	15.18	0.114 1	1.446
婴儿配方奶粉 j	12.41	10.78	0.055 5	1.575
特殊医学用婴儿配方粉 k(适度水解配方)	11.52	1.65	0.657 3	9.213
特殊医学用婴儿配方粉 l(深度水解配方)	10.74	0.35	0.768 9	9.621

但试验未涉及其他类型的样品检测,存在一定的局限性,需进一步研究其适用性。

参考文献

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 婴儿配方食品: GB 10765—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021: 1-9.
National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. National Standards of the People's Republic of China National food safety standards infant formula: GB 10765—2021 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021: 1-9.

[2] 赵灵芳, 张梅娟, 朱灵娟. 牛奶蛋白过敏婴儿临床特点和游离氨基酸配方粉替代/深度水解配方粉序贯干预的疗效及安全性研究[J]. 中国妇幼保健, 2020, 35(23): 4 526-4 529.
ZHAO L F, ZHANG M J, ZHU L J. Clinical characteristics of infants with milk protein allergy and the efficacy and safety of sequential intervention with free amino acid formula powder replacement/deeply hydrolyzed formula powder[J]. China Maternal and Child Health, 2020, 35(23): 4 526-4 529.

[3] 罗曾玲, 陈红兵. 乳品安全中的牛乳过敏[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 147-149.
LUO Z L, CHEN H B. Dairy safety in cow's milk allergy[J]. Food & Machinery, 2006, 22(3): 147-149.

[4] 孙洋, 钱方, 赵磊, 等. 乳清蛋白酶解条件优化[J]. 食品与机械, 2015, 31(1): 199-203.
SUN Y, QIAN F, ZHAO L, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions of whey[J]. Food & Machinery, 2015, 31(1): 199-203.

[5] 杨庆, 马鲁南, 刘忠, 等. 分子排阻色谱法测定德谷胰岛素高分子蛋白含量[J]. 中国现代应用药学, 2020, 37(23): 2 879-2 882.
YANG Q, MA L N, LIU Z, et al. Determination of high molecular protein content of insulin degludec by size exclusion chromatography[J]. China Modern Applied Pharmacy, 2020, 37(23): 2 879-2 882.

[6] 黄伟乾, 霍玫希, 罗浩, 等. 凝胶色谱法(GPC)检测特殊膳食食品中小分子肽的分子量分布的研究[J]. 现代食品, 2021(17): 192-195.
HUANG W Q, HUO W X, LUO H, et al. Study on the detection of molecular weight distribution of small molecular peptides in special dietary foods by gel chromatography (GPC)[J]. Modern Food, 2021 (17): 192-195.

[7] 迟治平, 迟云峰, 黄薇, 等. 不同级大豆蛋白肽免疫活性及抗氧化活性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2021, 32(11): 138-143.
CHI Z P, CHI Y F, HUANG W, et al. Study on the immune activity and antioxidant activity of different fractions of soybean protein peptides[J]. China Food Additives, 2021, 32(11): 138-143.

[8] 齐兴宇, 闫小娟, 张海悦. 卵白蛋白肽复合酶法制备工艺优化及解酒效果[J]. 食品与机械, 2022, 38(5): 166-172.
QI X Y, YAN X J, ZHANG H Y. Optimization of preparation technology of ovalbumin peptide complex enzyme and its antialcoholic effect[J]. Food & Machinery, 2022, 38(5): 166-172.

[9] 苏宏娇, 武学霞, 刘天天, 等. 口服小分子胶原蛋白肽对面部皮肤年轻化的效果[J]. 中华医学美容美容杂志, 2020, 26(3): 235-241.
SU H J, WU X X, LIU T T, et al. Effect of oral administration of small molecule collagen peptides on facial skin rejuvenation [J]. Chinese Journal of Medical Aesthetics, 2020, 26(3): 235-241.

[10] 秦修远, 魏颖, 林毅, 等. 胶原蛋白肽联合大米肽促进皮肤健康改善功能的评价[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(17): 191-197.
QIN X Y, WEI Y, LIN Y, et al. Evaluation of collagen peptide combined with rice peptide to promote skin health improvement function[J]. Food and Fermentation Industry, 2022, 48 (17): 191-197.

[11] 张传好, 郭杰夫, 李海涛, 等. 小分子肽的研究进展及应用情况[J]. 化学试剂, 2015, 37(8): 707-710.
ZHANG C H, GUO J F, LI H T, et al. Research progress and application of small molecular peptides [J]. Chemical Reagents, 2015, 37(8): 707-710.

[12] 杨晓, 王敏, 刘畅, 等. 大豆肽与牛磺酸复合粉的抗疲劳作用[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 140-143.
YANG X, WANG T, LIU C, et al. Anti - fatigue effect of soybean peptide and taurine compound powder [J]. Food & Machinery, 2018, 34(1): 140-143.

[13] 范思华. 沙蟹汁中氨基酸和小分子肽对其鲜味影响的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2019: 1-38.
FAN S H. Effects of amino acids and oligopeptides on the umami of soldier carb sauce[D]. Nanning: Guangxi University, 2019: 1-38.

(下转第 65 页)

参考文献

- [1] 吴涛, 韩冰, 徐甜. 法国何以成为欧盟第一大农业国[J]. 瞭望, 2018(15): 44-45.
WU T, HAN B, XU T. Why did France become the largest agricultural country in the EU[J]. Outlook, 2018(15): 44-45.
- [2] 沈辉, 赵银德. 法国农产品地理标志管理体系及对中国的启示[J]. 世界农业, 2014(10): 5-8.
SHEN H, ZHAO Y D. Management system of geographical indications of agricultural products in France and its enlightenment to China[J]. World Agriculture, 2014(10): 5-8.
- [3] 袁玉伟, 陈振德, 柳伟英. 食品标识制度与食品安全控制[J]. 食品科技, 2004(7): 1-3.
YUAN Y W, CHEN Z D, LIU W Y. Food labeling system and food safety control[J]. Food Science and Technology, 2004(7): 1-3.
- [4] 李欣. 以满足消费者对食品安全的基本需求为己任: 家乐福(中国)食品安全管理体系纪实[J]. 食品安全导刊, 2014(8): 28-32.
LI X. To meet the basic needs of consumers for food safety: A record of Carrefour (China) food safety management system[J]. Food Safety Guide, 2014(8): 28-32.
- [5] 李扬. 人工智能对异化劳动的消解及其限度[J]. 江汉论坛, 2022(8): 34-38.
LI Y. The dissolution and limits of artificial intelligence to alienated labor[J]. Jiangnan Forum, 2022(8): 34-38.
- [6] 王彦炯, 郑永利. 法国生态农业标签制度发展现状及我国农产品质量认定管理发展的启示和建议[J]. 中国食物与营养, 2020, 26(1): 21-23.
WANG Y J, ZHENG Y L. The development status of the label system of ecological agriculture in France and the enlightenment and suggestions for the development of agricultural product quality certification management in China[J]. Food and Nutrition in China, 2020, 26(1): 21-23.
- [7] FANATICO A, BORN H, 滕小华. 法国基于放养的红色标签家禽生产[J]. 中国家禽, 2008, 30(18): 53-54.
FANATICO A, BORN H, TENG X H. French poultry production with red label based on stocking[J]. China Poultry, 2008, 30(18): 53-54.
- [8] 王博文, 姚顺波, 杨和财. 法国原产地保护制度对推进我国优势农产品发展的启示: 基于法国葡萄酒原产地保护实证分析[J]. 经济地理, 2010(1): 114-117, 130.
WANG B W, YAO S B, YANG H C. The enlightenment of the French origin protection system to promote the development of China's advantageous agricultural products: Based on the empirical analysis of the origin protection of French wine [J]. Economic Geography, 2010(1): 114-117, 130.
- [9] 王湘军. 商事登记制度改革背景下我国市场监管根本转型探论[J]. 政法论坛, 2018, 36(2): 141-149.
WANG X J. Exploration on the fundamental transformation of China's market supervision under the background of commercial registration system reform[J]. Political Science and Law Forum, 2018, 36(2): 141-149.
- [10] 蔡士琴. 中国食品安全风险嵌入式治理模式的构建[J]. 食品与机械, 2022, 38(11): 56-59, 104.
CAI S Q. Construction of embedded governance model for food safety risk in China[J]. Food & Machinery, 2022, 38(11): 56-59, 104.
- [11] 张曼, 唐晓纯, 普莫喆, 等. 食品安全社会共治: 企业、政府与第三方监管力量[J]. 食品科学, 2014, 35(13): 286-292.
ZHANG M, TANG X C, PU B Z, et al. Social co-governance of food safety: The regulatory forces of enterprises, governments and third parties[J]. Food Science, 2014, 35(13): 286-292.
- [12] 梁金钢, 秦国荣. 共治追求下的食品安全监管权转型之道[J]. 食品与机械, 2022, 38(7): 99-104, 248.
LIANG J G, QIN G R. Principles of food safety regulation transformation under the pursuit of co-governance [J]. Food & Machinery, 2022, 38(7): 99-104, 248.
- [13] 黄小兰, 何旭峰, 杨勤, 等. 不同产地地参中 17 种氨基酸的测定与分析[J]. 食品科学, 2021, 42(2): 255-261.
HUANG X L, HE X F, YANG Q, et al. Determination and analysis of 17 amino acids in ginseng from different origins [J]. Food Science, 2021, 42(2): 255-261.
- [14] 徐娟, 吕嘉彬. 乳蛋白水解液中多肽含量测定方法的研究[J]. 食品科技, 2010, 35(12): 275-278.
XU J, LU J Z. Study on the determination method of polypeptide content in milk protein hydrolyzate [J]. Food Science and Technology, 2010, 35(12): 275-278.
- [15] 张彦青, 李惠萍, 涂京霞, 等. 啤酒高分子蛋白检测方法的评估及应用[J]. 中国酿造, 2016, 35(11): 172-175.
ZHANG Y Q, LI H P, TU J X, et al. Evaluation and application of beer macromolecular protein detection methods[J]. China Brewing, 2016, 35(11): 172-175.
- [16] 陈雪, 梁克红, 朱宏, 等. 游离氨基酸检测方法及其应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(18): 7 298-7 304.
CHEN X, LIANG K H, ZHU H, et al. Free amino acid detection method and its application[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2021, 12(18): 7 298-7 304.
- [17] 丁永胜, 牟世芬. 氨基酸的分析方法及其应用进展[J]. 色谱, 2004(3): 210-215.
DING Y S, MOU S F. Analytical methods of amino acids and their application progress[J]. Chromatography, 2004(3): 210-215.
- [18] 赵楠. 气相色谱结合负化学电离源质谱(GC-NCI-MS)法对脂肪酸、有机酸、氨基酸的定量分析[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020: 8-43.
ZHAO N. Quantitative analysis of fatty acids, organic acids and amino acids by gas chromatography combined with negative chemical ionization mass spectrometry (GC-NCI-MS) [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2020: 8-43.

(上接第 48 页)