

高压均质对果蔬汁品质影响研究进展

代 蕾 孙翠霞 刘夫国 高彦祥*

(中国农业大学食品科学与营养工程学院 北京 100083)

摘 要: 高压均质是一种新型非热加工技术,在食品工业中得到广泛的应用。果蔬中含有丰富的类胡萝卜素,类胡萝卜素具有维生素 A 原活性、抗氧化和提高免疫力等多种生理功能。高压均质能够破坏果蔬细胞基质,影响类胡萝卜素的生物利用率。本文重点介绍了高压均质对果蔬汁稳定性、流变特性及杀菌作用影响的研究现状,并综述了高压均质对果蔬汁类胡萝卜素生物利用率的影响,分析了该领域今后的研究趋势。

关键词: 高压均质 果蔬汁 品质

Progress in research on qualities of fruit and vegetable juices treated by high pressure homogenization

DAI Lei ,SUN Cui-xia ,LIU Fu-guo ,GAO Yan-xiang*

(College of Food Science and Nutritional Engineering ,China Agricultural University ,Beijing 100083 ,China)

Abstract: High pressure homogenization(HPH) is a kind of new non-thermal technology and widely used in the food industry. Carotenoids, a group of fat-soluble natural pigments in many fruits and vegetables, not only have provitamin A activity, but also play important functions in antioxidant and immunity enhancement. HPH can affect the bioavailability of carotenoids by destroying the fruit and vegetable cell matrix. This review introduced the effects of HPH on the qualities of fruit and vegetable juices, including the stability, rheological properties, sterilizing power and carotenoid bioavailability. And the development trend in this field was also discussed.

Key words: high pressure homogenization; fruit and vegetable juice; quality

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2016) 12-0395-05

doi: 10. 13386/j. issn1002-0306. 2016. 12. 067

随着生活水平的提高,人们对食品的新鲜度、质量和营养要求越来越高。传统的加热方式,在食品加工过程破坏许多热敏性物质,造成其营养的损失,产生不良色泽及风味,给食品带来许多负面影响。非热加工技术因其可以最大限度地保留食品原有的生鲜风味和营养,成为当今食品加工新技术研究与开发热点。食品高压均质技术(high pressure homogenization) 是利用高压使液体物料高速流过狭窄缝隙时受到强大剪切力、剪切后的液体物料因冲击设备内壁而产生强大冲击力以及因静压力突降与突升而产生的空穴爆炸力等综合作用,把原先颗粒比较粗大的乳浊液或悬浮液加工成颗粒非常细微稳定的乳浊液或悬浮液,从而使得液体物料体系更加稳定^[1]。根据均质压力水平的不同,可以分为高压均质(HPH, 压力 < 200 MPa) 和超高压均质(UHPH, 压力 < 400 MPa)^[2]。目前,高压均质技术被广泛的应用在制药、化工、化妆品和食品工业中,部分已实现商业化。在食品行业,通过高压均质可以将食品原料的浆、汁、液进行细化、混合,从而大大提高食品均匀度和细度,增加其渗透性能和吸收

性能,且能够较好的保持食品物料原有的营养成分、色泽和口感等等品质,提高食品质量,延长食品的货架期。近年来,国外有关高压均质对果蔬汁品质影响的研究逐渐增多,国内关于这方面的研究还比较少。

1 高压均质对果蔬汁物理稳定性的影响

1.1 高压均质对果蔬汁粒径的影响

果蔬汁中的悬浮颗粒在重力作用下易沉降,导致固液相分离,影响产品的稳定性。根据 Stokes 公式,颗粒沉降速度与颗粒粒径成正比,颗粒尺寸越小,沉降速度越慢,因而在果蔬汁加工中常用均质处理降低果蔬汁颗粒的粒径,以提高产品的物理稳定性^[3]。研究表明: 高压均质能够破坏食品基质,破坏果蔬汁细胞的完整性,将细胞破碎成碎片,从而导致果蔬汁的平均粒径降低,颗粒分布变窄,果蔬汁稳定性增强。且均质压力越高,机械作用越强,果蔬汁平均粒径越小,颗粒分布越窄,越均匀。

徐莉珍^[4]研究了高压均质对菠萝果肉果汁显微结构的影响,显微镜结果显示随着均质压力的增大

收稿日期: 2015-09-14

作者简介: 代蕾(1988-) 女, 博士研究生, 研究方向: 功能食品研发, E-mail: dailei508@ 163.com。

* 通讯作者: 高彦祥(1961-) 男, 博士, 教授, 研究方向: 超临界加工技术, E-mail: gyxcau@ 126.com。

基金项目: 国家自然科学基金(31371835)。

(0~25 MPa) 菠萝果肉果汁中的果肉颗粒逐渐减小。叶兴乾等^[5]研究表明,高压均质对苹果果肉果汁的颗粒有明显的微细化作用,小于 3 μm 的颗粒的含量随均质压力的升高而增加,这可能是均质使苹果果肉果汁稳定的主要因素。

Kubo^[6]研究了不同均质压力(0、25、50、75、100 MPa)对番茄汁颗粒大小分布的影响,结果显示高压均质处理能够降低番茄汁的平均粒径,且随着压力增加,平均粒径逐渐减小。此外,研究还显示均质压力对悬浮粒子的影响可能遵循渐进性,高压条件下,压力增加对粒径影响较小,75~100 MPa 之间粒径的变化较0~75 MPa 之间变化要小。Augusto 等^[7]报道了高压均质能够将番茄汁中完整细胞和细胞碎片破坏成更小的悬浮颗粒。Colle 等^[8]对不同高压均质(0、21.2、47.9、70.7、132.7 MPa)处理的番茄果浆进行光学显微镜观察,发现随着压力增加,微小颗粒的体积百分数增加,粒径分布更窄,提高了番茄果汁的均匀度。Panozzo 等^[9]研究了高压均质对不同种类番茄汁(黄色番茄、红色番茄和橘色番茄)粒径分布的影响,结果表明高压均质能够降低橙色和黄色番茄汁颗粒粒径,且均质压力越高,颗粒分布越窄,番茄颗粒粒径越均匀。Knockaert 等^[10]研究发现,随着均质压力的增加,胡萝卜汁中小颗粒的体积比例增加,粒度分布也变得更窄,大小更加均匀。Leite^[11]和 Carbonell^[12]同样得出类似的结论,高压均质能够降低橘汁的平均粒径。

1.2 高压均质对果蔬汁沉降性的影响

高压均质能够减小果蔬汁中悬浮颗粒粒径,使果蔬汁中的颗粒分散更加均匀,从而能够有效地降低果蔬汁的沉降率。叶兴乾等人^[5]研究表明带肉苹果汁经高压均质处理后,自然分层率随着均质压力的增加而下降;30 MPa 下重复均质有与增加压力类似的效果,如30 MPa 重复均质3次,贮藏一个月后自然分层率与40 MPa 的类似。Kubo^[6]研究表明 HPH 能够有效防止番茄浆的沉降,主要因为 HPH 使番茄浆的颗粒减小,使其更稳定。但是, Silva^[13]研究了不同均质压力(0~70 MPa)对菠萝浆沉降性的影响,结果显示经10、20、25、30 MPa 高压均质处理的菠萝浆,放置10 d 未出现相分离。但是经大于40 MPa 压处理的菠萝浆,贮藏5 d 后,沉降指数迅速降低,这可能由于随着均质压力的不断增加,菠萝浆颗粒粒径变小,表面积增大,颗粒之间的相互作用增强,从而使颗粒容易聚集,菠萝浆出现相分离。因此,选择合适的均质压力,对于降低果蔬汁的沉降具有重要的意义。

1.3 HPH 对果蔬汁浊度的影响

浊度是评价混浊果蔬汁的重要指标。混浊果蔬汁中既有果肉微粒形成的悬浮液,又有果胶、蛋白质等形成的胶体溶液,另外还有糖和盐等形成的真溶液,甚至还有脂类物质形成的乳浊液。这些混浊成分赋予了果蔬汁很好的感官品质,并提供了丰富营养,但是同时导致混浊果蔬汁混浊稳定性较低^[14]。研究表明,高压均质能够提高果蔬汁的混浊稳定性。

张丽华^[3]研究表明当均质的压力从0~30 MPa 时,复合果蔬汁的浊度从0.523 降低到0.173,而均质压力从30~50 MPa 时,果蔬汁的浊度从0.173 升高到0.229,不稳定悬浮物增加,这是由于随着均质压力的不断增加,汁液中悬浮颗粒粒径变小,表面积变大,布朗运动速度加快,颗粒碰撞次数增多,从而使颗粒容易聚合。Kubo^[6]报道称随着均质压力的增加,番茄浆浊度下降。由于小的悬浮颗粒允许更多的光线穿过番茄浆,从而导致较低的吸光度和浊度。

1.4 高压均质对果蔬汁色泽的影响

果蔬汁的色泽直接影响消费者对品质的印象,是评价果蔬汁品质的重要指标。研究发现高压均质处理对果蔬汁的色泽有改善作用。叶兴乾等人^[5]研究表明带肉苹果汁的色泽在高压均质后变好,产品的 L^* 值(亮度)和 b^* 值(黄色)比对照明显上升, L^* 值随均质压力的增加而上升。Betoret^[15]研究表明橘汁的亮度随着均质压力的增加而增加,经30 MPa 处理的橘汁的 a^* 值(红色)和 b^* 值明显高于未经处理的橘汁。同样, Kubo^[6]报道称随着均质压力的增加,番茄浆的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C^* (色度值、饱和度)和 ΔE (总颜色变化)值增加,表明产品变得更澄清,红色和黄色更饱和。 a^* 值增加可以解释为 HPH 破坏了番茄浆的细胞/细胞膜,破坏了色素母细胞中类胡萝卜素-蛋白质复合物,从而导致番茄红素泄漏。

2 高压均质对果蔬汁流变特性的影响

流变特性是食品稳定性和感官品质的一个非常重要的参数,在果蔬汁的加工工艺参数选择、质量控制、设备设计、感官性质等方面具有重要作用^[16]。

徐莉珍^[4]研究表明高压均质能够破坏菠萝果肉果汁中胶体粒子之间因分子间的弱结合力形成的网络结构,且随着均质压力的增加,破坏增强,从而导致菠萝果肉果汁的稠度系数 k 逐渐减小,流态特性指数 n 逐渐增加趋近于1。较高的均质压力能够破碎菠萝果肉果汁的颗粒,提高稳定性,均质压力为15 MPa 时,菠萝果肉具有较好的稳定性。

国外研究高压均质对番茄汁流变特性的影响较多。Augusto 等^[7,17-18]研究了高压均质对番茄汁流变性质的影响。结果表明:高压均质处理增加了番茄汁的弹性、储能模量、损耗模量和稠度,改善了番茄汁流变特性。这可能是由于高压均质处理过程中破坏了番茄汁中悬浮颗粒结构,减小了颗粒尺寸引起的。Bayod^[19]研究发现番茄汁经9 MPa 均质处理后,番茄汁的稠度增加。

此外, Augusto 等^[20]利用不同压力均质对果汁浆液流变特性的影响进行了研究。发现随着均质压力的增加,果汁浆液的粘度逐渐降低,在200 MPa 时的粘度与未经处理相比减少了20%。Silva 等^[13]研究了在小于70 MPa 压力下,均质处理菠萝果肉浆,同样发现菠萝果肉的稠度降低。Donsi 等^[21]研究表明苹果汁经高压均质处理后粘度降低。Leite 等^[22]研究了高压均质处理对腰果苹果浆的物理特性的影响,结果发现高压均质降低了腰果苹果浆的稠度和屈服应力,与未经处理果浆相比,分别降低了50%和

30%;流动性指数与未处理果汁相比增加了2倍。这可归结于果汁高压均质后,果汁悬浮颗粒遭到破坏,更小的悬浮颗粒大量增加,从而降低了果汁抗流动性能力。Patrignani等^[23]研究表明高压均质对不同的果蔬汁粘度影响效果不同,高压均质处理能够显著增加杏汁的粘度,而对胡萝卜汁的粘度影响效果不明显。在100 MPa下,杏汁经高压均质处理后,粘度指数增加了三倍。Lopez-Sanchez等^[24]研究结果表明高压均质对胡萝卜汁和番茄汁的作用效果不同,如高剪切力才能破坏胡萝卜汁的细胞和细胞片断,而中等程度的剪切则可以破坏番茄汁细胞壁,将番茄细胞内含物和细胞壁组成的聚合物改变为无定形的聚合物。

综上所述,高压均质处理对果蔬汁的流变性质影响,因果蔬汁的种类差异而不同。

3 高压均质对类胡萝卜素生物利用率的影响

果蔬汁中含有丰富的类胡萝卜素,但未加工果蔬中的类胡萝卜素由于其在果蔬细胞基质中被包裹、亲脂性、化学不稳定及水溶性差等原因在人体中的利用率较低。研究表明,高压均质可以改变果蔬汁的理化特性,影响类胡萝卜素的生物利用率。生物利用率是用于描述其从食品基质中释放到胃肠道或被包埋在脂质微粒中的程度。类胡萝卜素是一种脂溶性营养素的总称,主要包括蕃茄红素、胡萝卜素和叶黄素等。此外,油脂能够影响类胡萝卜素生物利用率^[25]。所以,高压均质常与油脂添加研究对类胡萝卜素生物利用率的影响。

Panozzo等^[9]研究了高压均质对不同种类番茄浆(红色、黄色和橙色)类胡萝卜素吸收率的影响。结果显示,高压均质降低了不同种类的番茄浆中所有类胡萝卜素的生物利用率。这可能是由于HPH导致番茄浆形成了网状结构,红色和橙色番茄浆中蕃茄红素和 ϵ -胡萝卜素生物利用率随着均质压力的增加而降低。Colle等^[8]研究表明随着均质压力的增加,蕃茄红素生物利用率呈下降趋势。这可能是由于HPH导致番茄浆内形成了较强的纤维网状结构,降低了蕃茄红素的释放。Colle等^[26]还研究了高压(10 MPa)和5%三种不同脂肪酸组成的油脂(椰子油、橄榄油和鱼油)对番茄浆中蕃茄红素生物利用率的影响,结果表明:HPH对蕃茄红素的生物利用率没有显著地影响。5%油脂的添加增加了蕃茄红素生物利用率,且与椰子油和鱼油相比,橄榄油使得蕃茄红素生物利用率增加更显著。

Svelander等^[27]研究表明高压均质能够增加胡萝卜乳液中 α -胡萝卜素和 β -胡萝卜素的体外生物利用率,却降低了番茄乳液中蕃茄红素的体外生物利用率。这可能是由于HPH使番茄乳液形成了较强的网状结构,限制了蕃茄红素的释放,使其溶解性降低。Knockaert^[10]等发现高压均质压力大于50 MPa时,能够破坏胡萝卜细胞结构,显著提高 β -胡萝卜素生物利用率。胡萝卜浆经均质后,细胞破碎率与消化酶作用表面积增大,使得 β -胡萝卜素在消化过程中能够更好的释放。在高压均质前,添加5%橄榄油

并不能进一步提高 β -胡萝卜素的生物利用率。这可能由于高压均质导致了油结晶,阻碍了 β -胡萝卜素的溶解。

4 高压均质对果蔬汁杀菌效果的影响

果蔬在采摘、加工、贮藏和运输过程中易受微生物污染,从而导致其腐败变质。因此,在果蔬汁加工过程必须灭菌,保证产品质量,延长其保质期。高压均质处理既能够破坏微生物细胞,杀死微生物,又能较好地保持果蔬汁的新鲜度和营养成分,提高了产品的货架期和安全性。

潘见等^[28]研究了西瓜汁 UHPH 处理与微生物存活量的关系,结果表明西瓜汁在均质压力 150 MPa 时,菌落总数下降 2.1~2.3 个对数,霉菌及酵母菌菌落总数下降 2.0~2.3 个对数,大肠菌群菌落总数下降 3.1~3.5 个对数单位,但芽孢菌的数量变化不明显;在初始菌落总数为 1.0×10^4 cfu/mL 的情况下,经 150 MPa 均质处理 1 次,可达到国家食品卫生标准,综合感官评估与鲜榨西瓜汁相近。吴奕兵^[29]用 80 MPa 以上压力对酿酒酵母、大肠杆菌、植物乳杆菌进行处理,杀菌作用明显,且在 80~140 MPa 的范围内,随着压力的升高,杀菌效率提高。

McKay^[30]比较了高压均质和高静水压对苹果汁微生物的影响,结果显示苹果汁经高压均质(300 MPa)处理后,只有极少的数量微生物($2\sim 3 \log \text{cfu}\cdot\text{mL}^{-1}$)被检测到,且在 4 °C 或 12 °C 下贮藏 35 d 后,微生物数量未增加。而苹果汁经高静水压(500 MPa)处理后,好氧微生物的数量迅速减少,在 4 °C 下贮藏,数量没有变化。但是贮藏在 12 °C 下,好氧微生物数量迅速增加,贮藏 14 d 后,与未经处理的苹果汁中微生物数量变化不明显。McKay^[31]研究表明苹果汁在 300 MPa 下经高压均质处理后能杀死大于 5 个对数的酵母、出芽短梗霉、青霉菌和曲霉的孢子。Campos等^[32]将橘子汁经 100~300 MPa 均质处理,发现在低于 100 MPa 时,酵母菌菌体破坏率较低;压力大于 150 MPa,灭菌效果明显;压力为 250~300 MPa 时,灭菌效果最佳;高压均质对植物乳杆菌具有类似影响,在压力低于 150 MPa 时,菌体破坏率较低;压力高于 200 MPa,灭菌效果显著,在压力 250 MPa 以上时菌落总数至少降低了 7.1 个对数值。Velazquez-Estrad等^[33]研究了 200、300、400 MPa UHPH 处理对橙汁及葡萄汁中沙门氏菌的影响,结果表明在 400 MPa 时,橙汁及葡萄汁中的沙门氏菌几乎完全灭活。Pathanibul等^[34]研究了不同均质压力(0~350 MPa)对苹果汁和胡萝卜汁中大肠杆菌和李斯特菌的灭菌效果的影响。结果发现随着压力的增加,大肠杆菌的灭菌率增加,在压力大于 250 MPa 时,菌落数至少降低了 5 个对数值。李斯特菌在均质压力小于 250 MPa 时灭菌率很小,压力达到 350 MPa 时,菌落数才降低了 5 个对数值。Patrignani等^[35]研究了 100 MPa 高压均质处理对杏汁和胡萝卜汁中酵母菌的灭菌率的影响。结果表明高压均质灭菌效果明显。Corbo等^[36]研究了高压均质对番茄汁中尖孢镰刀菌、构巢裸孢壳和青霉菌的影响。分生

孢子的数量随着压力的增加而减少,多次高压均质处理灭菌效果更加明显。Maresca 等^[37]研究发现在压力 150 MPa,温度 25 °C 下通过 3 次高压均质处理的果汁,其酵母菌失活性最佳。均质处理后的苹果汁在冷藏条件下的保质期至少延长到了 28 d,且在此期间能完全保存新鲜果汁的自然品质。已有研究表明:高压均质处理对果蔬汁的杀菌效果的影响不仅与压力、果汁种类有关,还与微生物的种类等因素有着密切的联系。

5 高压均质对果蔬汁品质影响研究展望

高压均质处理技术不仅能保证果蔬汁的卫生安全,而且能较好地保持果蔬汁的营养品质,甚至还能改善果蔬汁流变特性,因而在果蔬汁加工中的应用发展迅速。目前,已有的研究成果较多停留在高压均质对果蔬汁的稳定性、流变特性、生物利用率和杀菌效果影响的表征分析,而对果蔬汁品质影响的机制研究不够深入。同时,高压均质对果蔬汁营养成分的影响很少有文献报道,此外,果蔬汁的 pH 对高压均质杀菌效果影响尚属空白。

总之,高压均质作为一项果蔬汁加工新技术,具有传统热加工无法比拟的优点,具有广泛的应用前景。随着高压均质技术研究与应用的深入,有望尽早实现在我国果蔬汁加工领域的产业化,让消费者享受到更安全、更新鲜的高品质果蔬汁产品。

参考文献

[1] 杨诗斌,徐凯,张志森.高剪切及高压均质机理研究及其在食品工业中的应用[J].粮油加工与食品机械,2002(4):33-35.

[2] Dumay E, Chevalier-Lucia D, Picart-Palmade L, et al. Technological aspects and potential applications of (ultra) high-pressure homogenization [J]. Trends in Food Science & Technology 2013, 31: 13-26.

[3] 张丽华,韩永斌,顾振新,等.均质压力和稳定剂对复合果蔬汁体态稳定性研究[J].食品科学,2006,27(1):112-114.

[4] 徐莉珍,李远志,楠极.高压均质对菠萝果肉果汁流变性及其显微结构影响的研究[J].食品工业科技,2009,29(4):142-144.

[5] 叶兴乾,陈健初,金兵,等.高压均质对苹果、南瓜混合带肉果汁稳定性及某些理化性状的影响[J].浙江林学院学报,1994,11(1):58-63.

[6] Kubo MTK, Augusto PED, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization(HPH) on the physical stability of tomato juice[J].Food Research International 2013, 51: 170-179.

[7] Augusto PED, Ibarz A, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization(HPH) on the rheological properties of tomato juice: Time-dependent and steady-state shear [J].Journal of Food Engineering 2012a, 111(4): 570-579.

[8] Colle I, Van Buggenhout S, Van Loey A, et al. High pressure homogenization followed by thermal processing of tomato pulp: influence on microstructure and lycopene *in vitro* bioaccessibility [J].Food Research International 2010, 43: 2193-2200

[9] Panozzo A, Lemmens L, Van Loey A, et al. Microstructure and

bioaccessibility of different carotenoid species as affected by high pressure homogenisation: a case study on differently coloured tomatoes [J].Food Chemistry 2013, 141: 4094-4100.

[10] Knockaert G, Lemmens L, Van Buggenhout S, et al. Changes in β -carotene bioaccessibility and concentration during processing of carrot puree [J].Food Chemistry 2012, 133: 60-67.

[11] Leite TS, Augusto PED, Cristianini M. The use of high pressure homogenization (HPH) to reduce consistency of concentrated orange juice(COJ) [J].Innovative Food Science and Emerging Technologies 2014, 26: 124-133.

[12] Carbonell JV, Navarro JL, Izquierdo L, et al. Influence of high pressure homogenization and pulp reduction on residual pectinmethylsterase activity, cloud stability and acceptability of Lane Late orange juice: A study to obtain high quality orange juice with extended shelf life [J].Journal of Food Engineering, 2013, 119: 696-700.

[13] Silva VM, Sato ACK, Barbosa G, et al. The effect of homogenisation on the stability of pineapple pulp [J].International Journal of Food Science and Technology 2010, 45: 2127-2133.

[14] 吴治海,蒲彪.果蔬汁悬浮稳定性研究进展[J].食品工业科技,2006(4):188-191.

[15] Betoret E, Betoret N, Carbonell JV, et al. Effects of pressure homogenization on particle size and the functional properties of citrus juices [J].Journal of Food Engineering 2009, 92: 18-23.

[16] 张文佳,张燕,廖小军,等.超高压对果蔬汁品质影响研究进展[J].食品与发酵工业,2008,39(9):113-117.

[17] Augusto PED, Ibarz A, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization(HPH) on the rheological properties of tomato juice: Creep and recovery behaviours [J]. Food Research International 2013, 54: 169-176.

[18] Augusto PED, Ibarz A, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization(HPH) on the rheological properties of tomato juice: Viscoelastic properties and the Cox-Merz rule [J].Journal of Food Engineering 2013, 114: 57-63.

[19] Bayod E, Månsson P, Inning F, et al. Low shear rheology of concentrated tomato products Effect of particle size and time [J]. Food Biophysics 2007, 2: 146-157.

[20] Augusto PED, Ibarz A, Cristianini M. Effect of high pressure homogenization(HPH) on the rheological properties of a fruit juice serum model [J]. Journal of Food Engineering, 2012b, 111: 474-477.

[21] Donsì F, Esposito L, Lenza E, et al. Production of selfstable Annurca apple juice with pulp by high pressure homogenization [J]. International Journal of Food Engineering, 2009, 5(4): 64-67.

[22] Leite TS, Augusto PED, Cristianini M. Using high pressure homogenization(HPH) to change the physical properties of cashew apple juice [J].Food Biophysics 2014, 10(2): 169-180.

[23] Patrignani F, Vannini L, Kamdem SLS, et al. Potentialities of high-pressure homogenization to inactivate *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices [J].Journal of Food Science, 2010, 75(2): 116-120.

[24] Lopez-Sanchez P, Svelander C, Bialek L, et al. Rheology and

microstructure of carrot and tomato emulsions as a result of high pressure homogenization conditions [J]. *Journal of Food Science*, 2011, 76(1): E130-E140.

[25] Lemmens L, Colle I, Buggenhout VS, et al. Carotenoid bioaccessibility in fruit- and vegetable based food products as affected by product (micro) structural characteristics and the presence of lipids: A review [J]. *Trends in Food Science & Technology* 2014, 38: 125-135.

[26] Colle IJP, Lemmens L, Van Buggenhout S, et al. Processing tomato pulp in the presence of lipids: the impact on lycopene bioaccessibility [J]. *Food Research International*, 2013, 51: 32-38.

[27] Svelander CA, Lopez-Sanchez P, Pudney PDA, et al. High pressure homogenization increases the *in vitro* bioaccessibility of α - and β - carotene in carrot emulsions but not of lycopene in tomato emulsions [J]. *Journal of Food Science*, 2010, 76: 215-225.

[28] 潘见, 林春铭, 王莉, 等. 西瓜汁超高压均质的杀菌效果研究 [J]. *食品科学* 2010, 31(16): 93-96.

[29] 吴奕兵. 超高压均质对胡萝卜汁理化性质及酶和微生物的影响 [D]. 南京: 南京农业大学 2009.

[30] McKay AM, Linton M, Stirling J, et al. A comparative study of changes in the microbiota of apple juice treated by high hydrostatic pressure (HHP) or high pressure homogenisation (HPH) [J]. *Food Microbiology* 2011, 28: 1426-1431.

[31] McKay AM. Inactivation of fungal spores in apple juice by

high pressure homogenisation [J]. *J Food Protection*, 2009, 72(12): 2561-2564.

[32] Campos FP, Cristianini M. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* in orange juice using ultra high-pressure homogenization [J]. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2007, 8: 226-229.

[33] Velazquez-Estrad RM, Hernandez-Herrero MM, Lopez-Pedemonte TJ, et al. Inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Senftenberg 775W inoculated into fruit juice by means of ultra high pressure homogenization [J]. *Food Control* 2011, 22(2): 313-317.

[34] Pathanibul P, Taylor TM, Davidson PM, et al. Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple and carrot juices using high pressure homogenization and nisin [J]. *International Journal of Food Microbiology* 2009, 129: 316-320.

[35] Patrignani F, Vannini L, Kamdem SLS, et al. Effect of high pressure homogenization on *Saccharomyces cerevisiae* inactivation and physico-chemical features in apricot and carrot juices [J]. *International Journal of Food Microbiology* 2009, 136: 26-31.

[36] Corbo MR, Bevilacqua A, Campaniello D, et al. Use of high pressure homogenization as a mean to control the growth of foodborne moulds in tomato juice [J]. *Food Control*, 2010, 21: 1507-1511.

[37] Maresca P, Donsì F, Ferrar G. Application of a multi-pass high-pressure homogenization treatment for the pasteurization of fruit juices [J]. *Journal of Food Engineering* 2011, 104: 364-372.

(上接第 394 页)

concentration in human blood after oral administration of gelatin hydrolysate [J]. *International journal of food sciences and nutrition* 2010, 61: 52-60.

[32] Sugihara F, Inoue N, Kuwamori M, et al. Quantification of hydroxyprolyl-glycine (Hyp-Gly) in human blood after ingestion of collagen hydrolysate [J]. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 2012, 113(2): 202-203.

[33] Shigemura Y, Akaba S, Kawashima E, et al. Identification of a novel food-derived collagen peptide, hydroxyprolyl-glycine, in human peripheral blood by pre-column derivatisation with phenyl isothiocyanate [J]. *Food Chemistry* 2011, 129(3): 1019-1024.

[34] Ohara H, Matsumoto H. Comparison of Quantity and Structures of Hydroxyproline-Containing Peptides in Human Blood after Oral Ingestion of Gelatin Hydrolysates from Different Sources [J]. *Journal of agricultural and food chemistry* 2007, 55: 1532-1535.

[35] 严世荣. 穿膜肽携带的目的蛋白穿膜效应的研究 [D]. 武

汉: 华中科技大学 2006.

[36] 张伟欣, 李春阳, 陈秀兰. 细菌肽转运蛋白的研究进展 [J]. *微生物学通报* 2014, 41(9): 1856-1863.

[37] Laskin D L, Kimura T, Sakakibara S, et al. Chemotactic activity of collagen-like polypeptides for human peripheral blood neutrophils [J]. *Journal of leukocyte biology*, 1986, 39: 255-266.

[38] Shigemura Y, Wai K, Morimatsu F, et al. Effect of Prolyl-hydroxyproline (Pro-Hyp), a Food-Derived Collagen Peptide in Human Blood, on Growth of Fibroblasts from Mouse Skin [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2009, 57: 444-449.

[39] Ohara H, Ichikawa S, Matsumoto H, et al. Collagen-derived dipeptide proline-hydroxyproline stimulates cell proliferation and hyaluronic acid synthesis in cultured human dermal fibroblasts [J]. *Journal of Dermatology* 2010, 37: 330-338.

[40] Martin P, Leibovich S J. Inflammatory cells during wound repair: the good, the bad and the ugly [J]. *Trends in cell Biology*, 2005, 15: 599-607.

全国中文核心期刊
轻工行业优秀期刊