

(Short Communication)

آنالیز شیمیایی محتوای گوگردی و عناصر سنگین موجود در چند نشان تجاری از

نوشابه‌های گازدار

الهام میرممتاز^{1*}، علی کاظمی باباحیدری¹، امیر شاکریان²

¹ استادیار دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، گروه شیمی، شهرکرد، ایران
² دانشیار دانشکده‌ی دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، گروه بهداشت مواد غذایی، شهرکرد، ایران

تاریخ دریافت: 90/8/15 تاریخ پذیرش: 90/12/10

چکیده

گاز دی اکسید کربن مورد استفاده در صنعت نوشابه سازی به طور عمده از سوزاندن گاز طبیعی حاصل می‌شود و سپس به CO_2 با خلوص 99/9 درصد تبدیل می‌گردد. ترکیبات گوگردی به نام مرکاپتان در گاز طبیعی موجود است که در صورتی که این ترکیبات به طور کامل جداسازی نگردد به همراه CO_2 وارد نوشابه شده، اسیدهای گوگردی مضر حاصل می‌نمایند. لذا تشخیص و تعیین مقدار این گونه‌ها از مسائل قابل توجه می‌باشد که در این تحقیق به آن پرداخته شده است. از طرف دیگر، کنترل پارامترهایی نظیر سختی کل، اسیدیته، میزان کل مواد جامد محلول (TDS) و فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، مس و روی نیز در کنترل کیفی نوشابه حائز اهمیت می‌باشد که در این بررسی، مورد آنالیز قرار گرفته است. نتایج حاصل از آنالیز محتوای گوگردی سه نشان تجاری نوشابه‌ی گازدار با استفاده از دستگاه GC، احتمال وجود ترکیبات گوگردی نظیر هیدروژن سولفید، متیل مرکاپتان و اتیل مرکاپتان را نشان می‌دهد که در سطح کم تر از ppm 2 در نوشابه‌های آنالیز شده قرار دارند. همچنین، آنالیز سرب، کادمیوم، مس و روی در پنج نشان تجاری نوشابه گازدار با استفاده از دستگاه جذب اتمی، حضور این عناصر را به ترتیب در سطوح کم تر از 0/45، 0/028، 0/077 و 0/018 ppm با دقت 1% را نشان می‌دهد. در نهایت، آنالیز سختی و TDS پنج نشان تجاری نوشابه‌ی گازدار به ترتیب مقادیری در محدوده‌ی 65 تا 100 ppm و 200 تا 290 ppm و اسیدیته‌ی متوسط در حدود 2/9 را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: نوشابه گازدار، محتوی گوگردی، عناصر سنگین، TDS، سختی.

1- مقدمه

ترکیبات گوگردی (مرکاپتان) است. لذا در طی تولید گاز CO_2 ، اگر جداسازی ترکیبات گوگردی به درستی صورت نگیرد این ترکیبات به همراه CO_2 وارد نوشابه شده، اسیدهای گوگردی مضر حاصل می‌کند. لذا تعیین نوع و مقدار این ترکیبات گوگردی از مسایل حائز اهمیت است که هدف اصلی این بررسی می‌باشد.

تحقیقات زیادی بر روی نوع گونه‌های گوگردی احتمالی موجود در نوشابه‌ی گازدار انجام گرفته است. جدول 1، فهرست تعدادی از این ترکیبات گوگردی را در سطح ppb و ppm در CO_2 مورد استفاده در نوشابه‌سازی ارائه می‌نماید (7). همان گونه که مشاهده می‌شود، اکثر این ترکیبات، فرار بوده و اگر به طور صحیح حذف نگردد می‌تواند به همراه CO_2 وارد نوشابه گردد.

تکنیک‌های متعددی جهت آنالیز گونه‌های گوگردی در مواد غذایی، ارائه شده است. این تکنیک‌ها شامل روش‌های الکتروشیمیایی مبتنی بر آمپرومتری، الکتروشیمیایی اصلاح شده و پتانسیومتری و همچنین، روش‌های مبتنی بر آنالیز تزریق جریان می‌باشد. دیویس و همکاران در سال (2006) از روش آمپرومتری جهت اندازه‌گیری محتوای گونه‌های گوگردی نظیر سولفیت در مواد غذایی و نوشابه استفاده نمودند (8). میرممتاز و همکاران در سال (2008) از روش الکتروشیمیایی جهت اندازه‌گیری محتوای گونه‌های گوگردی از قبیل سولفیت و سولفید استفاده نمودند. این روش، نتیجه‌ی برهمکنش الکتروکاتالستی با حدواسط روتنیم است و حدتشخیص حدود میکرومولار قابل دستیابی است (9). رویز کاپیلاز و همکاران در سال (2009) از روش FIA جهت اندازه‌گیری گونه‌های گوگردی استفاده نمودند. در این روش، پارامترهای بهینه‌ی اندازه‌گیری ارائه شده و از این روش جهت اندازه‌گیری سولفیت در نوشابه استفاده شده است (10). بیش تر این تکنیک‌ها بر اساس اندازه‌گیری محتوی گوگردی در فاز محلول استوار است. در این میان، یکی از روش‌های مفید که می‌توان از آن به منظور اندازه‌گیری گونه‌های گوگردی در گاز نوشابه استفاده نمود روش کروماتوگرافی گازی می‌باشد. بارنت و همکاران در سال (1983) از این روش برای آنالیز ترکیبات گوگردی در مواد غذایی استفاده نمودند (11). این روش بسیار سریع، دقیق و دارای حساسیت و گزینش پذیری بالا است، لذا در این بررسی از روش کروماتوگرافی گازی برای اندازه‌گیری محتوای گونه‌های گوگردی در گاز نوشابه گازدار استفاده شده است.

آب مصرفی بیش تر کارخانه‌های نوشابه‌سازی از چاه تامین می‌گردد. در بسیاری از کارخانه‌های نوشابه‌سازی از رزین تبادل یونی جهت تصفیه‌ی آب استفاده می‌گردد که ممکن است مقداری سدیم جایگزین یون‌های حذف شده از آب نماید. این امر به نوبه‌ی خود سبب ایجاد TDS بالا در آب می‌گردد. منظور از TDS، میزان کل مواد جامد محلول در آب می‌باشد که برابر با مجموع غلظت همه یون‌های موجود در آب است. در صورت عدم کنترل کافی در تصفیه‌ی آب، کاتیون‌های فلزی نظیر کلسیم و منیزیم که سبب سختی آب می‌گردد و همچنین میزان آلاینده‌ها نظیر عناصر سنگین در آب می‌تواند در سطح نامطلوبی بالا باشد. لذا کنترل کیفیت آب از لحاظ عناصر سنگین، سختی و TDS از اهمیت بالایی برخوردار است (1 و 2).

روش‌های زیادی جهت بررسی و اندازه‌گیری فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، مس و روی ارائه شده است. لورنتزو و همکاران (1997) از روش آنالیز تزریق جریان (FIA) جهت اندازه‌گیری سرب در نوشیدنی‌ها استفاده نمودند (3). کوردوبا و همکاران (1997) روش جذب اتمی الکتروترمال را جهت اندازه‌گیری سرب، کادمیوم، مس و روی در مواد غذایی ارائه نمودند (4). این روش ساده، دقیق و سریع می‌باشد. جاکومنی و همکاران در سال (2001) از روش ولتامتری جهت اندازه‌گیری سرب، کادمیوم، مس و روی استفاده نمودند (5). بدرگال و همکاران در سال (2002) روش رادیوشیمیایی را جهت اندازه‌گیری کادمیوم در مواد غذایی ارائه نمودند (6). در این میان، یکی از بهترین، سریع‌ترین و دقیق‌ترین روش‌ها جهت اندازه‌گیری این ترکیبات روش جذب اتمی می‌باشد که در این تحقیق از آن استفاده شده است.

در فرآیند گازدار نمودن نوشابه، گاز CO_2 استفاده می‌شود. جهت تولید گاز CO_2 ابتدا گاز شهر سوزانده می‌شود و گازهای خروجی که شامل دی‌اکسید کربن، نیتروژن، منواکسید کربن، آمونیاک و سولفید هیدروژن می‌باشد، جمع‌آوری و تصفیه می‌گردد تا گاز CO_2 با خلوص 99/9 درصد تهیه شود. در این میان، گاز سولفید هیدروژن که در فرآیند خالص‌سازی دی‌اکسید کربن به کار می‌رود، در صورتی که به خوبی جدا نشود به همراه CO_2 وارد خط تولید نوشابه‌ی گازدار شده و موجب ایجاد طعم و بوی نامطبوع در نوشابه می‌گردد. از طرف دیگر، گاز شهر حاوی

جدول 1- ترکیبات گوگردی (فرار) موجود در نوشابه‌ی گازدار بدون الکل (11).

هیدروژن سولفید	متیل اتیل سولفید	اتیل مرکاپتان	S- بوتیل مرکاپتان	سولفور دی اکسید
ایزوپروپیل مرکاپتان	متیل مرکاپتان	t- بوتیل مرکاپتان	دی متیل سولفید	ایزوبوتیل مرکاپتان
کربونیل سولفید	n- پروپیل مرکاپتان	سولفور دی اکسید	دی اتیل سولفید	n-بوتیل مرکاپتان

پنج نشان تجاری (برند) نوشابه از شرکت های اشی مشی (شهرکرد) (دو نوع نوشابه‌ی زرد و سیاه)، اشی مشی (رشت)، بی‌سی و زمزم تهیه شد و بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه مورد آنالیز قرار گرفت. به منظور نمونه برداری صحیح از هر نشان تجاری سه نمونه نوشابه به صورت تصادفی انتخاب شد و هر کدام سه بار مورد آنالیز قرار گرفت. کلیه‌ی نوشابه‌های گازدار مورد آنالیز، تولید زمستان 1389 بوده و نتایج ارائه شده در این بررسی، میانگین کل و انحراف استاندارد آنالیزها بر روی کل نمونه‌ها از هر نشان تجاری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که دقت روش جذب اتمی در این بررسی 1% می‌باشد.

به منظور آنالیز محتوای گوگردی نوشابه گازدار، سه نمونه (کپسول) گاز CO₂ مورد استفاده در سه نشان تجاری متفاوت نوشابه گازدار از شرکت های اشی مشی، بی‌سی و زمزم تهیه و هر نمونه با استفاده از دستگاه GC آنالیز شد. نتایج ارائه شده در این بررسی، میانگین آنالیزها بر روی هر نمونه از هر نشان تجاری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که دقت GC در این بررسی 1% می‌باشد.

3- نتایج و بحث

3-1- بررسی کیفی نوع گونه‌های گوگردی موجود در نوشابه‌ی گازدار

همان گونه که اشاره شد در اثر سوزاندن گاز شهر جهت تولید تولید گاز CO₂، گاز هیدروژن سولفید نیز حاصل می‌شود که باید جدا گردد. در صورتی که گاز هیدروژن سولفید به خوبی جدا نشود به همراه CO₂ وارد خط تولید نوشابه می‌گردد. لذا در این بررسی، این ترکیب مورد آنالیز قرار گرفت. از طرف دیگر، متیل مرکاپتان و اتیل مرکاپتان از جمله ترکیباتی است که به طور عمده به گاز شهر افزوده می‌شود. لذا احتمال وجود این ترکیبات نسبت به مابقی ترکیبات گوگردی بیش تر است. از این رو، در این تحقیق، علاوه بر هیدروژن سولفید، ترکیبات گوگردی متیل مرکاپتان و اتیل مرکاپتان نیز آنالیز شد. کروماتوگرام گازی گاز

هدف از انجام این بررسی، آنالیز نوشابه گازدار از لحاظ محتوای گوگردی، فلزات سنگین، سختی کل، اسیدیته و TDS می‌باشد. بدین منظور، نوع و مقدار گونه‌های گوگردی که در طی گازدار کردن نوشابه به همراه CO₂ می‌تواند وارد نوشابه گردد از طریق کروماتوگرافی گازی مورد آنالیز قرار گرفت. از طرف دیگر با استفاده از روش جذب اتمی فلزات سنگین نظیر سرب، کادمیوم، مس و روی آنالیز شدند. در ادامه، مقدار سختی کل، اسیدیته و TDS که بر کیفیت نوشابه موثر است، جهت بررسی مقدار یون‌های موجود در نوشابه، اندازه‌گیری گردید. در نهایت، مقادیر به دست آمده از این آزمایش‌ها با سطح استاندارد مجاز، مقایسه و نتایج گزارش گردید.

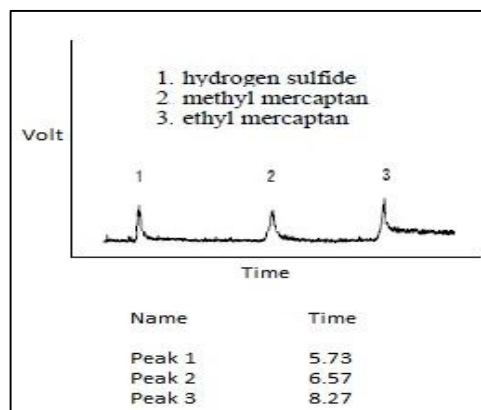
2- مواد و روش‌ها

به منظور آنالیز گونه‌های گوگردی از دستگاه کروماتوگرافی گازی GC با نام Chrompak مدل CP9001 ساخت کشور هلند استفاده شد که مجهز به ستون CP-C-SPB سولفور و آشکار ساز SPD می‌باشد. اندازه‌گیری جذب اتمی جهت آنالیز عناصر سنگین با دستگاه جذب اتمی A-Analyzer 300 مدل Perkin Elmer ساخت کشور آمریکا صورت گرفت. مقدار اسیدیته (pH) با دستگاه pH متر مدل Genwey ساخت کشور انگلیس اندازه‌گیری شد و تعیین مقدار TDS با دستگاه TDS سنج مدل Hack ساخت کشور آلمان انجام گرفت.

روش آنالیز کروماتوگرافی گونه‌های گوگردی بر اساس دستورالعمل ASTM E840-95 (2005) و روش آنالیز عناصر سنگین سرب، کادمیوم، مس و روی بر اساس دستورالعمل ارائه شده توسط شرکت پرکین المر (1996) انجام گرفت (12،13).

کلیه‌ی استانداردها و مواد مورد نیاز جهت آنالیزها در این تحقیق از شرکت Merck آلمان خریداری گردید. محلول‌ها به صورت تازه با آب بدون یون دو بار تقطیر تهیه و استفاده گردید. جهت اندازه‌گیری عناصر سنگین، سختی کل، اسیدیته و TDS،

CO₂ مورد استفاده در نوشابه‌سازی توسط شرکت اشی مشی (شهرکرد) در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1- کروماتوگرام گازی گاز CO₂ مورد استفاده در نوشابه سازی توسط شرکت اشی مشی (شهرکرد)

3-2- اندازه‌گیری گونه‌های گوگردی موجود در نوشابه‌ی گازدار و مقایسه با سطح استاندارد

به منظور اندازه‌گیری ترکیبات گوگردی داخل نوشابه، گاز CO₂ مورد استفاده در سه نشان تجاری از نوشابه‌های گازدار از شرکت های اشی مشی، بی‌سی و زمزم جهت آنالیز توسط دستگاه GC تهیه و آنالیز گردید و نتایج گزارش شد. نتایج آنالیز گونه‌های گوگردی در نوشابه‌های آنالیز شده در جدول 2 ارائه و با سطح استاندارد مقایسه شده است.

جدول 2- نتایج آنالیز سه گونه گوگردی در سه نشان تجاری

نوشابه‌ی گازدار بدون الکل			
نوشابه	نام ترکیب	مقدار آنالیز شده (ppm)	حد مجاز (ppm)
اشی مشی	متیل مرکاپتان	< 2	2
	اتیل مرکاپتان	< 2	2
	هیدروژن سولفید	< 2	1000
بی‌سی	متیل مرکاپتان	< 2	2
	اتیل مرکاپتان	< 2	2
	هیدروژن سولفید	< 2	1000
زمزم	متیل مرکاپتان	< 2	2
	اتیل مرکاپتان	< 2	2
	هیدروژن سولفید	< 2	1000

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، مقادیر این سه گونه گوگردی در نمونه‌ی گاز CO₂ مورد استفاده در نوشابه‌های گازدار آنالیز شده کم‌تر از حد مجاز است. لذا می‌توان اطمینان حاصل کرد که نمونه‌ی گاز CO₂ مورد استفاده در این نوشابه‌ها از سمیت بسیار ناچیزی برخوردار است و مطابق با استاندارد ارائه شده توسط سازمان استاندارد مواد سمی می‌باشد.

3-3- اندازه‌گیری عناصر سنگین (سرب، کادمیوم، مس و روی) و مقایسه با سطح استاندارد

همان‌طور که اشاره شد، آب مورد استفاده در صنعت نوشابه سازی از چاه تامین می‌شود که ممکن است دارای مقادیری فلزات سنگین باشد. بنابراین در این تحقیق به بررسی مقدار برخی از فلزات سنگین در نوشابه و مقایسه‌ی آن با سطح استاندارد نیز پرداخته شده است. بدین منظور، پنج نمونه نوشابه از شرکت های اشی مشی (شهرکرد) (دو نوع نوشابه زرد و سیاه)، اشی مشی (رشت)، بی‌سی و زمزم جهت اندازه‌گیری عناصر سنگین تهیه شد. از هر نشان تجاری، سه نمونه نوشابه به صورت تصادفی انتخاب شد و هر کدام از عناصر سنگین نظیر سرب، روی، کادمیوم و مس با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی جذب اتمی 3 بار مورد آنالیز قرار گرفت و مقادیر میانگین با دقت حدود 1% به دست آمد. نتایج آنالیز جذب اتمی برخی از عناصر سنگین در نمونه‌های نوشابه با دقت 1% و مقایسه‌ی نتایج با سطح مجاز استاندارد در جدول 3، ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، غلظت تمامی عناصر، پایین‌تر از حد مجاز استاندارد می‌باشد.

3-4- اندازه‌گیری TDS، سختی و اسیدیته نوشابه گازدار

همان‌طور که در بخش مقدمه اشاره شد، آب مورد استفاده در صنعت نوشابه‌سازی، آب چاه می‌باشد که دارای املاح معدنی و سختی بالایی می‌باشد. به همین منظور در کارخانه، بخشی برای تصفیه‌ی آب وجود دارد که در آن مقدار سختی آب و TDS تا حد ممکن کاهش داده می‌شود. با این حال به منظور کنترل کامل کیفیت نوشابه‌های آنالیز شده، پارامترهایی نظیر همراه اسیدیته، سختی و TDS نیز مورد آنالیز قرار گرفت. لذا در این قسمت، پنج نمونه نوشابه از شرکت های اشی مشی (شهرکرد) (دو نوع نوشابه‌ی زرد و سیاه)، اشی مشی (رشت)، بی‌سی و زمزم جهت

جدول 3- نتایج آنالیز جذب اتمی برخی از عناصر سنگین در پنج نمونه نوشابه‌ی گازدار بدون الکل

عنصر	سرب* (ppm)	کادمیوم* (ppm)	مس* (ppm)	روی* (ppm)
اشی مشی سیاه (شهرکرد)	< 0/45	< 0/028	< 0/077	< 0/018
اشی مشی زرد (شهرکرد)	< 0/45	< 0/028	< 0/077	< 0/018
اشی مشی (رشت)	< 0/45	< 0/028	< 0/077	< 0/018
بی سی	< 0/45	< 0/028	< 0/077	< 0/018
زمزم	< 0/45	< 0/028	< 0/077	< 0/018
سطح استاندارد	2/5	0/1	5-2/5	50

* مقادیر گزارش شده، میانگین 3 بار آنالیز بر روی 3 نوشابه از هر نشان تجاری با دقت 1% است.

جدول 4- نتایج آنالیز اسیدیته، سختی کل و TDS در پنج نمونه نوشابه‌ی گازدار بدون الکل

نمونه	اسیدیته	سختی کل* (ppm)	TDS (ppm)*
اشی مشی سیاه (شهرکرد)	3	65±2	200±5
اشی مشی زرد (شهرکرد)	3/1	80±3	230±6
اشی مشی (رشت)	2/8	100±4	250±7
بی سی	3	70±3	218±4
زمزم	2/8	68±3	290±8

* مقادیر گزارش شده، میانگین 3 بار آنالیز بر روی 3 نوشابه از هر نشان تجاری است.

سولفید بیشتر از گونه‌های گوگردی دیگر است. بدین ترتیب با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی، این گونه‌ها تعیین مقدار گردید و با سطح استاندارد مقایسه شد که سطح این ترکیبات را کم تر از 2 ppm نشان می‌دهد.

از طرف دیگر، حضور عناصر سنگین نظیر سرب، کادمیوم، مس و روی در نوشابه‌ی گازدار مورد بررسی قرار گرفت و این ترکیبات تعیین مقدار شد. جهت این آنالیز از روش طیف سنجی جذب اتمی استفاده شد. سپس، نتایج حاصل از این بررسی با سطح استاندارد مجاز مقایسه شد. در نهایت، جهت تکمیل کنترل آنالیتیکال نوشابه‌ی گازدار پارامترهایی نظیر اسیدیته، سختی کل و TDS نیز اندازه‌گیری و گزارش گردید. نتایج حاصل، نشان می‌دهد که در کلیه‌ی نوشابه‌های آنالیز شده، سطح عناصر سنگین نظیر سرب، کادمیوم، مس و روی کم تر از حد مجاز استاندارد می‌باشد.

آنالیز سختی کل، اسیدیته و TDS مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از هر نشان تجاری سه نمونه نوشابه به صورت تصادفی انتخاب شد و هر کدام سه بار مورد آنالیز قرار گرفت و مقادیر میانگین و انحراف استاندارد به دست آمد. نتایج حاصل از این آنالیز در جدول 4، ارائه شده است.

به طور کلی از لحاظ سطح استاندارد مطلوب، اسیدیته‌ی نوشابه 3/2-2/8، سختی آب شهری 100-120 ppm و TDS آن 190 است. همان طور که مشاهده می‌شود نمونه‌های آنالیز شده نوشابه از سختی مناسبی برخوردار می‌باشد هر چند مقدار TDS کمی بالاتر از حد مطلوب است.

4- نتیجه گیری

در این بررسی به تعیین نوع، مقدار و سطح استاندارد مجاز ترکیبات گوگردی که ممکن است در طی فرآیند گازدار کردن نوشابه به همراه گاز CO₂ وارد نوشابه گردد، پرداخته شده است. نتایج به دست آمده، بیانگر این مطلب است که احتمال حضور ترکیبات گوگردی نظیر اتیل مرکاپتان، متیل مرکاپتان و هیدروژن

11-Barnett, D. and Davis, E. G. 1983. A GC method for the determination of sulfur dioxide in food headspaces. *Journal of Chromatographic Science*, 21:205-8.

12-ASTM-E840-95, Standard Practice for Using Flame Photometric Detectors in Gas Chromatography.

13-Latino J. C. and Grosser A. Z. 1996. Modern Flame Atomic Absorption Analysis of Wastewater. *Atomic Spectroscopy, The Perkin-Elmer Corporation*, 17: 215-217.

5- سپاس‌گزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فن آوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد که تامین کلیه تسهیلات اعتباری و اجرایی این طرح را بر عهده داشته است، قدردانی و تشکر می‌گردد.

6- منابع

- 1-فروزنده، ف. 1380. نویشدنی‌های گوارا، نشر جهاد دانشگاهی، اصفهان.
- 2-راس، ش. 1379. نوشابه‌های طبیعت، نشر راضیه، تهران.
- 3-Mena, C. M. Cabrera, C. Lorenzo, M. L. and Lopez, M. C. 1997. Determination of Lead Contamination in Spanish Wines and Other Alcoholic Beverages by Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45: 1812-1815.
- 4-Vinas, P. Lopez-Garcia, I. Lanzon, M and Hernandez-Cordoba, M. 1997. Direct Determination of Lead, Cadmium, Zinc, and Copper in Honey by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry using Hydrogen Peroxide as a Matrix Modifier. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45: 3952-3956.
- 5-Jakumnee, J. Suteerapataranon, S. Vaneesorn, Y and Grudpan, K. 2001. Determination of Cadmium, Copper, Lead and Zinc by Flow Voltammetric Analysis. *Analytical Sciences*, 17: i399-i401.
- 6-Bedregal P. S. and Montoya, E. H. 2002. Determination of cadmium using radiochemical neutron activation analysis, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 254: 363-364
- 7-CP501687 03/2004 Printed in The Netherlands (www.varianinc.com).
- 8-Isaac, A. Davis, J. Livingstone, C. Wain, A. J. and Compton, R. G. 2006. Electroanalytical methods for the determination of sulfite in food and beverages, *Trends in Analytical Chemistry*, 25: 589-598.
- 9-Ensafi, A. A. Soleymani, H. A. and Mirmomtaz. E. 2008. Determination of sulfur contents of SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ and S^{2-} based on the electrocatalytic interaction with homogeneous mediator tris(2,2'-bipyridyl)Ru(II), *Microchemical Journal*, 89: 108-115.
- 10-Ruiz-Capillas, C. and Jimenez-Colmenero, F. 2009. Application of flow injection analysis for determining sulphites in food and beverages: A review, *Food Chemistry*, 112: 487-493.