



## تهیه و شناسایی نانوچندسازه فریت کبالت- نشاسته به عنوان نانوحامل به منظور رهایش

### تدریجی داروی ضدسرطان کپسیتابین

محسن عبداللهی فر، مجتبی گودرزی\*، داوود قنبری

گروه علوم پایه، دانشگاه صنعتی اراک، اراک، ایران

**چکیده:** در این مقاله، نانوذرات فریت کبالت ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) و نانوچندسازه‌های ساخته شده با نشاسته و داروی ضدسرطان کپسیتابین تهیه شدند. ریخت‌شناسی نانوساختار با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، فاز کریستالی با پراش پرتو ایکس و هسته-پوسته در ابعاد نانو نیز با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری بررسی شد. همچنین، عمل رهایش داروی کپسیتابین در محیط شبیه‌سازی با معده انسان و در دمای فیزیولوژی بدن انسان انجام و تحت آنالیزطیف‌سنجی مرئی فرابنفش قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دهنده یک نانوساختار جدید و مؤثر در درمان سرطان را معرفی می‌کند.

**واژگان کلیدی:** فریت کبالت، نانوذرات، کپسیتابین، سرطان، نانوکپسول

#### ۱- مقدمه

mojtabag1362@gmail.com

شده و روشهایی را برای درمان موثر در سطح مولکولی در بافتهای هدف ارائه می‌دهد [۲]. برای کم کردن عوارض جانبی و بهبود داروهای موجود، انواع سامانه‌های دارورسانی توسعه یافته‌اند که شامل مزودوج‌های محلول دارو-بسپار، میسل‌های بسپاری، نانوذرات، لیپوزوم‌ها و میکروذرات هستند. در این میان، نانوذرات بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند زیرا روش تولید آسان‌تری دارند و از طریق بسپارهای زیست سازگار هم قابل تهیه هستند. با توجه به آنکه عروق اطراف بافت توموری نفوذپذیری بیشتری نسبت به عروق بافتهای معمول دارند و نیز به دلیل سرعت رشد بالاتر نیازمند اکسیژن و مواد غذایی بیشتری هستند، در نتیجه امکان جذب دارویی بهتری دارند [۱۰-۳] در این پژوهش، با استفاده از روش‌هایی که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد، نانوکپسول‌های پودری متشکل از ترکیب فریت کبالت، نشاسته (به‌عنوان پوشش بسپاری) و داروی ضدسرطان کپسیتابین تولید شده و پس از بررسی ساختاری، در محیط شبیه‌سازی شده بدن انسان رها شده و نتایج رهایش و انتقال دارو مورد بررسی قرار گرفته است. در

هرساله تعداد زیادی از انسان‌ها در اثر ابتلا به امراض متفاوتی از جمله سرطان جان خود را ازدست می‌دهند. اما شناسایی سلول‌های سرطانی و جلوگیری از رشد آنها مقدم بر هر کار دیگر است استفاده از فناوری نانو و نانوداروها این امر را میسر می‌سازد. نانوداروها می‌توانند در ابعاد کوچک در عمق سلولهای سرطانی نفوذ کرده و رشد آنها را مختل و بعضی مواقع متوقف کند. از آنجا که درمان سرطان به کمک داروهای شیمیایی اثرات زیان باری دارد و این داروها به صورت اختصاصی عمل نکرده و افزون بر سلولهای سرطانی، سایر بافتها را نیز مورد حمله قرار داده و تخریب می‌کند، بنابراین، تاثیر سمی این داروها همچنان از معضلات درمان به شمار می‌آید. اما درمانهای مدرن مبتنی بر فناوری نانو به صورت اختصاصی عمل کرده و فقط بافتهای سرطانی را مورد هدف قرار می‌دهد و اثرات نامطلوب را بر سلول‌های سالم به حداقل ممکن می‌رساند [۱ و ۲]. کاربرد فناوری نانو یک روش درمانی مفید و مطمئن است که موجب توسعه نانومواد سرطانی

ادامه این کار، روش تولید نانوکپسول‌های پودری و بررسی نتایج و آنالیزها آورده شده است.

## ۲- بخش تجربی

### ۲-۱- مواد

مواد شیمیایی مورد نیاز برای تهیه نانوکپسول‌های پودری شامل نمک کبالت، نمک آهن، نشاسته، داروی کپسیتابین، سود (NaOH) یک مولار و آب مقطر است. همه مواد با خلوص آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شده است.

### ۲-۲- روش کار

مقدار ۱ گرم نمک آهن نیترات و ۰/۲ گرم نمک کبالت سولفات در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل و به مدت ۳۰ دقیقه با هیتر-استیرر که دمای آن بر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود، حرارت داده و محلول به مدت ۱۵ دقیقه تحت امواج مایکروویو قرار گرفت (۲۰ ثانیه محلول تحت امواج مایکروویو قرار گرفت و ۹۰ ثانیه به آن استراحت داده شد). در این فاصله مقدار ۱۵ میلی‌لیتر سود (NaOH) یک مولار تهیه شده در مدت سه مرحله (هر مرحله ۵ میلی‌لیتر و در سه ۲۰ ثانیه اول) به محلول افزوده شد. پس از جداسازی آب محلول با گریزانه و خشک شدن آب باقی‌مانده در آن نانوذرات فریت کبالت به روش مایکروویو به صورت پودر تهیه شد. مقدار ۰/۱ گرم از نانوذرات فریت کبالت ساخته شده با ۰/۳ گرم پودر نشاسته در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل و به مدت ۳ ساعت از هم‌زن مکانیکی استفاده شد. پس از گریزانه محلول به دست آمده و خشک شدن آب باقی‌مانده در آن، نانوذرات فریت کبالت-نشاسته به صورت پودر تهیه شد. مقدار ۰/۱ گرم داروی کپسیتابین پس از پودر شدن داخل ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه افزوده و با هیتر-استیرر که دمای آن بر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود، به مدت ۳۰ دقیقه حل شد. سپس، مقدار ۰/۱ گرم از فریت کبالت ساخته شده به روش مایکروویو با ۰/۳ گرم پودر نشاسته مخلوط و به داروی حل شده در آب افزوده شد و با افزودن آب دیونیزه به آن حجم محلول به ۱۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به مدت ۳ ساعت از هم‌زن مکانیکی برای انحلال بیشتر استفاده شد. پس از گریزانه محلول و خشک شدن آب باقی‌مانده در آن، نانوکپسول‌های پودری حاوی داروی کپسیتابین تهیه شد [۱۱ و ۱۲].

## ۳- بررسی نتایج آنالیز و داده‌ها

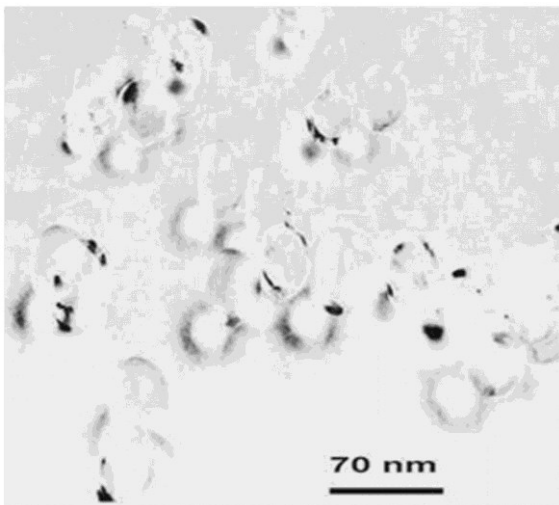
اندازه و ریخت‌شناسی نانوذرات فریت کبالت، نانوذرات کپسیتابین فریت کبالت-نشاسته و نانوکپسول‌های پودری حاوی کپسیتابین با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (EMT) مشخص، طیف آنالیز عنصری (EDX) آنها بررسی و فاز کریستالی‌شان با پراش پرتو ایکس (XRD) انجام شد. ویژگی مغناطیسی نمونه‌های تهیه شده با دستگاه مغناطومتر نمونه‌ی مرتعش (VSM) مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، عمل ره‌ایش داروی کپسیتابین در محیط شبیه‌سازی با معده انسان و در دمای فیزیولوژی بدن انسان انجام و تحت آنالیز طیف‌سنجی مرئی - فرابنفش (UV-Vis) قرار گرفت.

### ۳-۱- آنالیز SEM

شکل ۱(الف)، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نانوذرات فریت کبالت را نشان می‌دهد. تصویر SEM گرفته شده از نانوذرات فریت کبالت که با روش مایکروویو تهیه شده نشان می‌دهد، این نانوذرات از لحاظ ظاهری کروی، تک‌پاش و غیرکلوخه-ای بوده و مرز بین دانه‌ها کامل از هم مشخص است. همچنین، اندازه‌ی میانگین قطر ذرات حدود ۴۰ nm است. بنابراین، نانوذرات مناسبی برای استفاده در مصارف پزشکی هستند. در شکل ۱(ب)، تصویر SEM از نانوذرات فریت کبالت-نشاسته را نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشخص است، اندازه میانگین قطر ذرات حدود ۴۰ nm است و ذرات غیرکلوخه‌ای و مرز بین آنها مشخص است. شکل ۱(ج)، نیز تصویر SEM از نانوکپسول پودری حاوی فریت کبالت، نشاسته و داروی کپسیتابین را نشان می‌دهد. در تصویر آورده شده، رشته‌های بسیاری که نقش محافظت از هسته را به عهده دارند، به خوبی قابل مشاهده هستند. داروی کپسیتابین که بر این رشته‌ها قرار گرفته است، به صورت نقاط روشن و شفاف‌تر در تصاویر مشاهده می‌شود.

## ۳-۲- آنالیز TEM

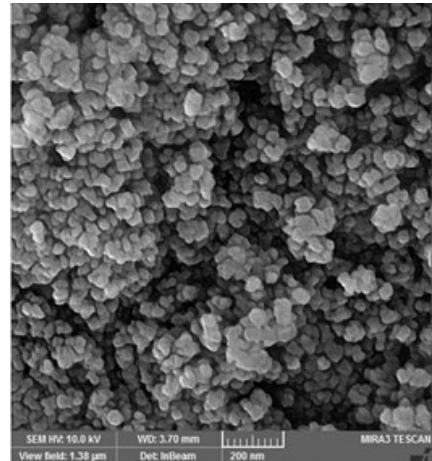
شکل ۲، تصویربرداری دوبعدی از نانوکپسول پودری حاوی کپسیتابین که به روش مایکروویو تهیه شده است را، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نشان می‌دهد. در تصویر به وضوح می‌توان ساختار هسته-پوسته (نانوکپسول) را مشاهده کرد. نقاط سایه‌دار پوسته و نقاط روشن هسته را نشان می‌دهد. همچنین، اندازه‌ی متوسط قطر ذرات حدود ۴۰ nm است. قسمت‌های تیره‌تر نشان دهنده عبور کمتر الکترون‌ها از این نواحی و چگالی کمتر ماده است.



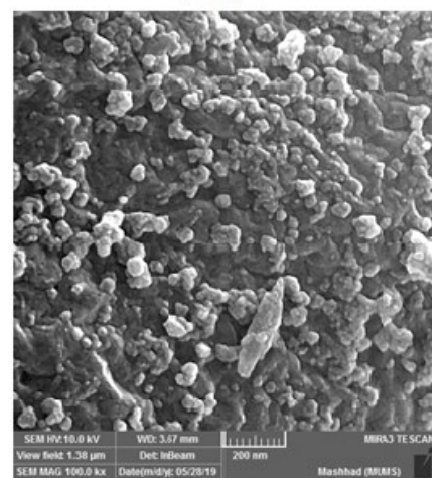
شکل ۲: تصاویر TEM از نانوکپسول پودری حاوی فریت کبالت / نشاسته / کپسیتابین

## ۳-۳- آنالیز EDX

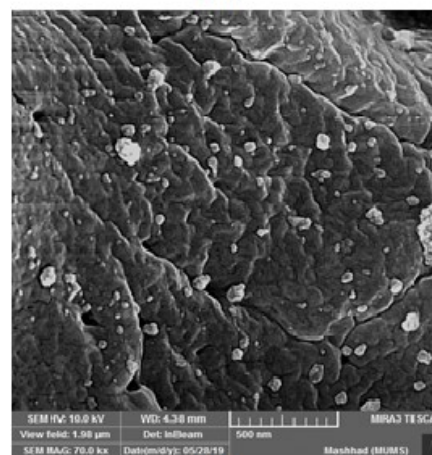
شکل ۳ طیف‌های آنالیزعنصری (EDX) را نشان می‌دهند. این طیف‌ها حضور عناصر کبالت، آهن و اکسیژن را در نانوذرات فریت کبالت و عناصر کبالت، آهن، اکسیژن و کربن را در نانوکپسول‌های پودری حاوی کپسیتابین به خوبی نشان می‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده ناخالصی‌های موجود بسیار کم است.



(الف)



(ب)

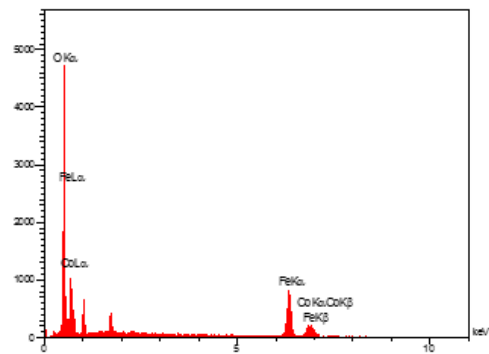


(ج)

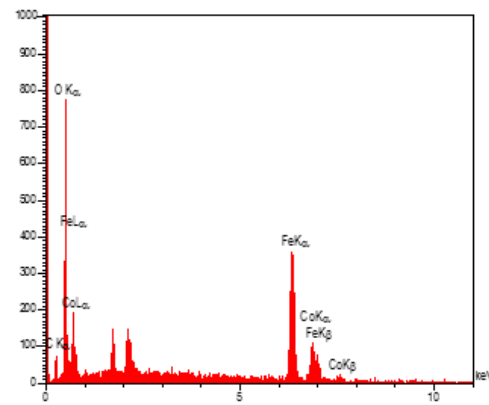
شکل ۱: تصاویر SEM (الف) نانوذرات فریت کبالت، (ب) نانوچندسازه فریت کبالت- نشاسته و (ج) نانوکپسول پودری حاوی فریت کبالت / نشاسته / کپسیتابین

خالص کاهش چشم‌گیری داشته است که نشان‌دهنده پوشش مناسب بسیار بر مراکز کروی شکل مغناطیسی است. نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که در حین ساخت نانوچندسازه مغناطش اشباع کاهش و وادارندگی مغناطیسی افزایش پیدا کرده است. و این نشان دهنده این است که بسیار مانند چسب و رزینی حرکت حوزه‌های مغناطیسی را در راستای میدان خارجی مغناطیسی کاهش می‌دهد و در نهایت شکل ۴ (ج)، منحنی پسماند نانوکپسول پودری حاوی فریت کبالت، نشاسته و کپسیتابین را نشان می‌دهد. در این آنالیز، مغناطش اشباع  $emu/g$   $6/6$  و وادارندگی مغناطیسی  $1117 Oe$  است که نشان دهنده نفوذ مقداری از داروی کپسیتابین به درون فاز کریستالی هسته است و باعث افزایش ناخالصی و بازتر شدن منحنی نسبت به پیش شده است.

نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که در حین ساخت نانوکپسول مغناطش اشباع کاهش و وادارندگی مغناطیسی افزایش پیدا کرده است. وادارندگی مغناطیسی از  $724 Oe$  به  $1117 Oe$  افزایش یافته و این نشان‌دهنده این است که دارو و بسیار مانند چسب و رزینی حرکت حوزه‌های مغناطیسی در راستای میدان خارجی مغناطیسی را کاهش می‌دهد. بنابراین، می‌توان گفت با توجه به انطباق این منحنی با منحنی پسماند فرومغناطیس نرم، این نانوکپسول فرومغناطیس نرم است. مواد فرومغناطیس نرم بر خلاف فرو مغناطیس سخت، با اعمال میدان مغناطیسی به‌راحتی مغناطیده شده و با حذف میدان نیز به‌راحتی ویژگی مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.



(الف)



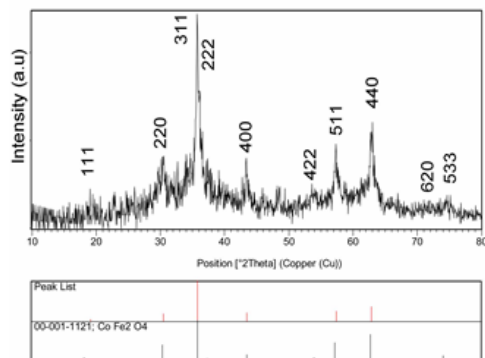
(ب)

شکل ۳: آنالیز عنصری (الف) فریت کبالت و (ب) نانوکپسول پودری حاوی کپسیتابین

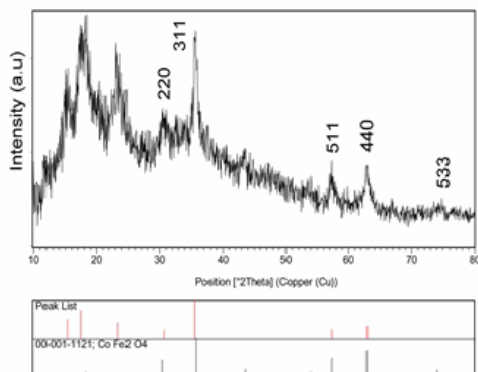
### ۳-۴- بررسی اثر مغناطیس سنج نمونه‌ی مرتعش (VSM)

در این قسمت، به بررسی اعمال میدان مغناطیسی خارجی بر هسته‌ی مغناطیسی ساخته شده (فریت کبالت)، نانو چندسازه فریت کبالت-نشاسته و نانو کپسول‌های تهیه شده پرداخته شده است. فریت کبالت با فرمول  $CoFe_2O_4$  دارای ویژگی مغناطیسی است و به خوبی به میدان مغناطیسی خارجی واکنش نشان می‌دهد. شکل ۴ (الف) نمودار VSM از هسته‌ی مغناطیسی را در حد فاصل میدان  $(-10000 Oe)$  تا  $(10000 Oe)$  نشان می‌دهد. این مواد در دمای اتاق منحنی پسماند ندارند و با اعمال میدان مغناطیسی به خوبی به نقطه‌ی هدف که در اینجا محل بیماری است، انتقال می‌یابند. مغناطش اشباع در این منحنی  $52/3 emu/g$  و وادارندگی مغناطیسی  $724 Oe$  است. شکل ۴ (ب)، منحنی پسماند نانوچندسازه فریت کبالت - نشاسته را نشان می‌دهد. در این آنالیز، مغناطش اشباع  $emu/g$   $10/7$  و وادارندگی مغناطیسی  $1060 Oe$  است. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، مغناطش اشباع نانوچندسازه نسبت به هسته

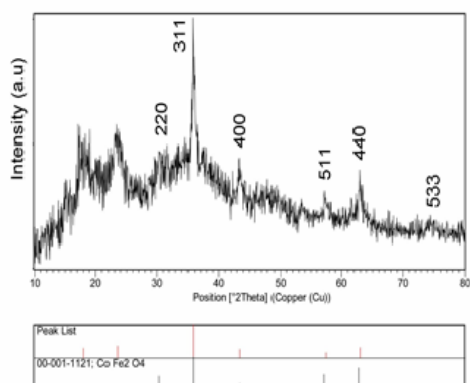
نانوکپسول‌های پودری را مشخص می‌کند و نشان می‌دهد اندازه بلورک‌ها با استفاده از معادله دبابی شرر ( $0.9\lambda / \beta \cos \theta$ ) برای پیک‌های متفاوت صادق است. طبق رابطه‌ی دبابی شرر، اندازه‌ی متوسط بلورک‌ها برای نانوذرات حدود ۲۴/۹۸ nm برای نانوچندسازه حدود ۱۸/۷۶ nm و برای نانوکپسول حدود ۱۲/۷۷ nm به دست آمد.



(الف)

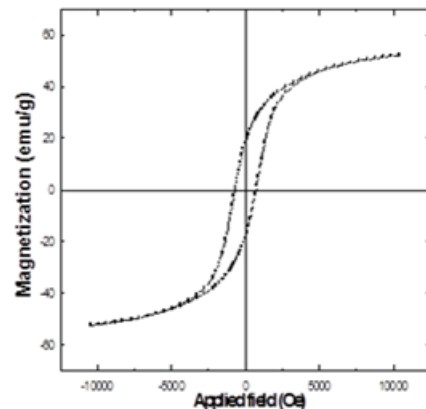


(ب)

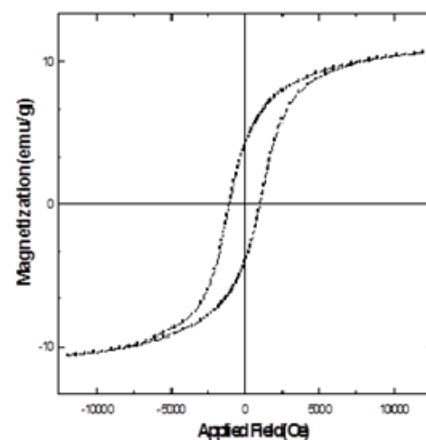


(ج)

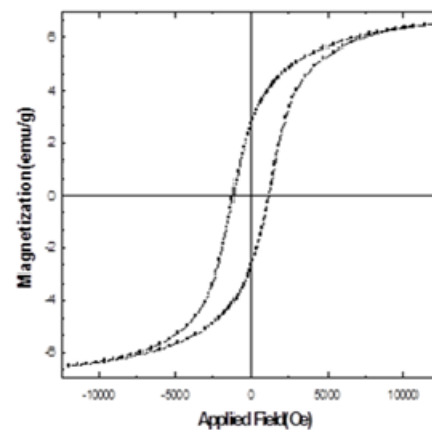
شکل ۵: الگوی طیف پراش پرتو ایکس برای (الف) نانوذرات فریت کبالت، (ب) برای نانوچندسازه فریت کبالت-نشاسته و (ج) نانوکپسول پودری حاوی کپسیتابین



(الف)



(ب)



(ج)

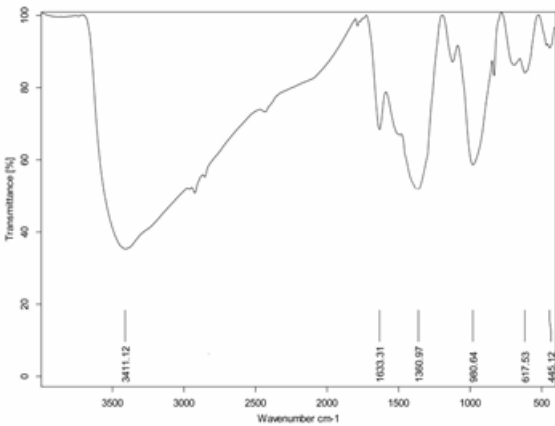
شکل ۴: نمودار VSM (الف) فریت کبالت، (ب) نانوچندسازه فریت کبالت - نشاسته و (ج) نانوکپسول حاوی کپسیتابین

## ۳-۵- آنالیز XRD

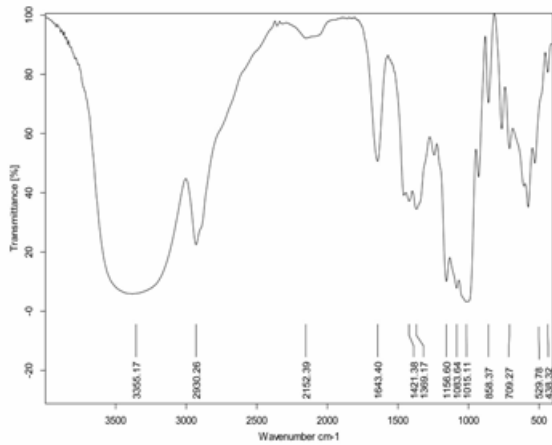
شکل ۵ (الف)، الگوی طیف پراش پرتو ایکس (XRD) را برای نانو ذرات فریت کبالت، ۵ (ب) نانو چندسازه فریت کبالت - نشاسته و ۵ (ج) نانوکپسول‌های پودری حاوی کپسیتابین را نشان می‌دهد. این الگوها فاز بلوری فریت کبالت، نانوچندسازه و

## ۳-۶- بررسی نانوذرات با روش فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)

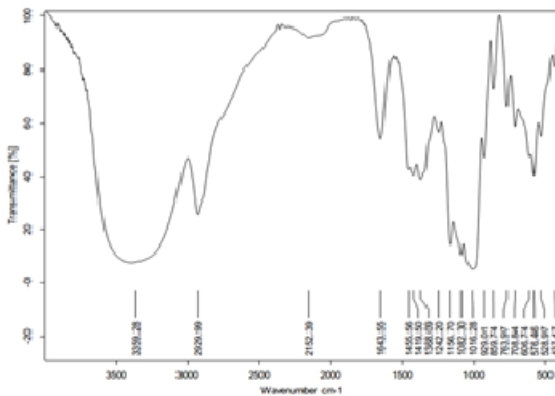
در این بخش با استفاده از آنالیز FT-IR، به اثبات وجود گروه-های عاملی موجود در نانوذرات تهیه شده، پرداخته شده است. برای این منظور، نمونه‌های تهیه شده از جمله نانوذرات فریت کبالت، نانوجندسازه فریت کبالت-نشاسته و نانوکپسول‌های حاوی داروی کپسیتابین به صورت پودر در داخل دستگاه طیف-سنجی قرار داده و نتایج آنالیزها مشخص شد. شکل ۶ (الف) طیف فروسرخ تبدیل فوریه‌ی نانوذرات فریت کبالت که به روش میکروویو تهیه شده را نشان می‌دهد. نوارهای جذبی قوی حضور نانوذرات فریت کبالت را تایید می‌کند. نوارهای جذبی در موقعیت  $445\text{ cm}^{-1}$ ، نشان دهنده‌ی حالت کششی پیوند CO-O، نوارهای موقعیت  $617\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده حالت کششی پیوند Fe-O، نوارهای موقعیت‌های  $980\text{ cm}^{-1}$  و  $1633\text{ cm}^{-1}$ ، به ترتیب ارتعاش کششی پیوند C-O و ارتعاش کششی نامتقارن پیوند C=O، نوارهای موقعیت  $2924\text{ cm}^{-1}$  و  $3411\text{ cm}^{-1}$  به ترتیب ارتعاش کششی پیوندهای C-H و O-H را نشان می‌دهد. در شکل ۶ (ب)، طیف فروسرخ تبدیل فوریه نانوجندسازه فریت کبالت - نشاسته نشان داده شده است. نوارهای جذبی موقعیت  $438\text{ cm}^{-1}$  و  $529\text{ cm}^{-1}$  به ترتیب پیوند کششی Co-O و Fe-O، نوارهای موقعیت  $1015\text{ cm}^{-1}$  و  $1643\text{ cm}^{-1}$  به ترتیب پیوندهای C=O و C-O، همچنین پیک‌های موقعیت  $2930\text{ cm}^{-1}$  و  $3355\text{ cm}^{-1}$  به ترتیب پیوندهای کششی مربوط به C-H و پیوند هیدروژنی O-H را نشان می‌دهد. بنابراین، نوارهای آهن اکسید و کبالت اکسید در ساختار نانوحامل وجود دارد. همچنین، عدم نوار جذبی جدید در این طیف عدم ایجاد ترکیبات جدید و تشکیل صحیح ساختار نانوحامل را تایید می‌کند. شکل ۶ (ج)، طیف فروسرخ تبدیل فوریه نانوکپسول‌های پودری حاوی داروی کپسیتابین را نشان می‌دهد. نوار در نواحی  $437\text{ cm}^{-1}$  و  $576\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده‌ی پیوند کششی Co-O و Fe-O، نوار در نواحی  $1082\text{ cm}^{-1}$  و  $1643\text{ cm}^{-1}$  نشان دهنده ارتعاش کششی پیوندهای C-O و کشش نامتقارن C=O، همچنین، نوار در ناحیه  $2929\text{ cm}^{-1}$ ، ارتعاش کششی پیوندهای C-H و نوار قوی و پهن  $3359\text{ cm}^{-1}$  مربوط به ارتعاش کششی پیوندهای هیدروژنی O-H است. این نوارها وجود نانوذرات فریت کبالت در ساختار نانوکپسول کپسیتابین را نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)



(ج)

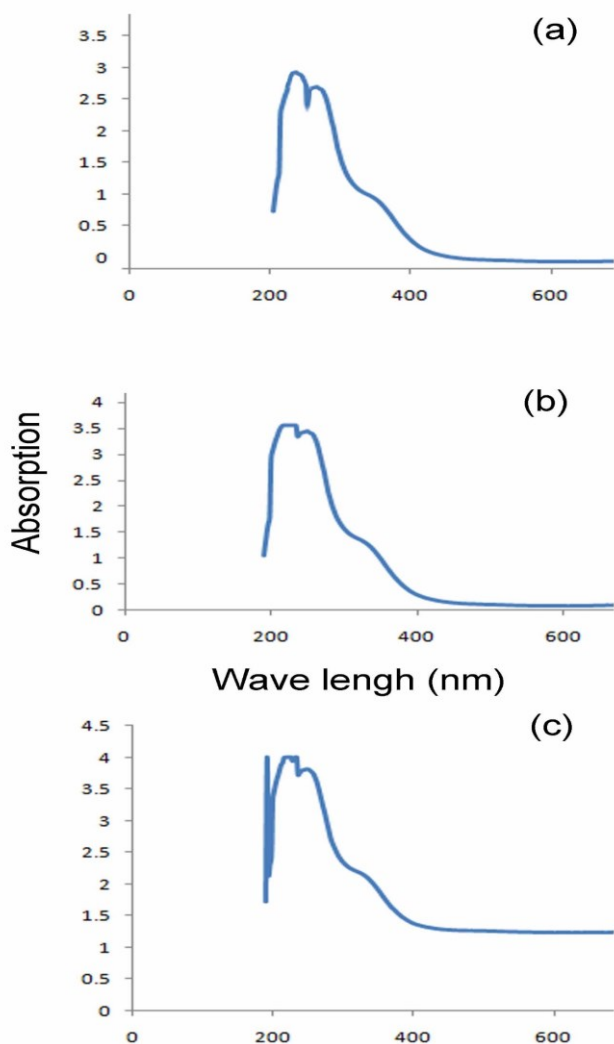
شکل ۶: طیف فروسرخ (FT-IR) (الف) نانوذرات فریت کبالت، (ب) نانوجندسازه فریت کبالت - نشاسته و (ج) نانوکپسول‌های پودری حاوی کپسیتابین

## ۳-۷- بررسی طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش (UV-Vis)

آنالیز طیف‌سنجی مرئی-فرابنفش بر نمونه‌های ساخته شده، به دلیل اثبات و بررسی رهایش دارو انجام گرفت. که در اینجا فرایند

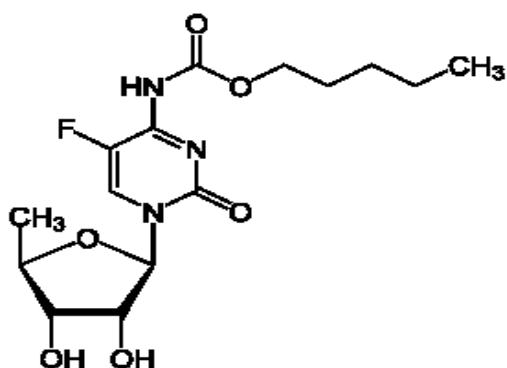
رهايش دارو در زمان‌های متفاوت، تحت آنالیز UV-Vis بررسی می‌شود.

۳-۷-۱- بررسی رهايش داروی کپسیتابین به وسیله UV-Vis  
 شکل ۷، رهايش داروی کپسیتابین از نانوکپسول تهیه شده در محیط شبیه‌سازی شده با اسید معده‌ی انسان (پی اچ ۲ و ۳٫۷ درجه سانتی‌گراد) را نشان می‌دهد. نمودار (a) رهايش دارو ۰/۵ ساعت بعدی، نمودار (b) رهايش دارو ۱/۵ ساعت بعدی و نمودار (c) رهايش دارو ۲/۵ ساعت بعدی را نشان می‌دهد. در نمودار (a) به شدت رهايش حدود ۳/۵ بوده که در نمودارهای (b) و (c) به ترتیب به حدود ۴ و ۳/۵ رسیده است و این نشان می‌دهد که شدت رهايش دارو در طول موج‌های جذب دارو با افزایش زمان، افزایش یافته است. یعنی، رهايش کپسیتابین با افزایش زمان سیر صعودی داشته و دارو به صورت آهسته رها می‌شود و نشان دهنده این است که داروی کپسوله شده در نانوجندسازه فریت کبالت-نشاسته، رفتار هدفمندی را از خود نشان داده و دارو به صورت آهسته رها می‌شود. فرایند رهايش دارو در محیط اسیدی معده پس از اتمام مدت زمان نیم‌عمر داروی کپسیتابین (حدود ۴۵ دقیقه) همچنان وجود دارد که نشان دهنده‌ی حفظ غلظت دارو پس از گذشت نیمه‌ی عمر آن است. بنابراین، این روش، فاصله‌ی مصرف دارو توسط بیمار را افزایش و مقدار داروی استفاده شده را کاهش می‌دهد و در نهایت اثرات جانبی و زیان‌بار دارو کاهش می‌یابد.



شکل ۷: رها سازی داروی کپسیتابین، (a): ۰/۵ ساعت، (b): ۱/۵ ساعت و

(c): ۲/۵ ساعت



طرح‌واره ۱: ساختار شیمیایی دارو کپسیتابین

## ۴- نتیجه گیری

- نانوچندسازه فریت کبالت-نشاسته تهیه شده به این روش، از پتانسیل بالایی در دارورسانی برخوردار است.
- با توجه به قطر کوچک مویرگ‌ها در بدن انسان (حدود ۴ میکرومتر)، سامانه‌های کروی شکل با میانگین ابعاد ۴۰ نانومتر توانایی نفوذ به کوچک‌ترین منافذ و غشاهای سلولی بدن را دارند و قادر به درمان بافت آسیب دیده هستند.
- توجه به این که در نانوکپسول‌های پودری، هسته دارای ویژگی مغناطیسی است، این قابلیت را دارند که با اعمال میدان مغناطیسی خارجی، به راحتی به نقطه‌ی مورد نظر نفوذ کرده و بافت‌های سرطانی را تخریب کنند.
- رهایش تدریجی داروی کپسیتابین، در محیط آزمایشگاهی و شبیه‌سازی شده با معده انسان نشان می‌دهد، بین آزمایش‌های داخل بدن موجود زنده و خارج از آن مطابقت خوبی وجود دارد.
- رهایش داروی کپسیتابین در محیط شبیه‌سازی معده انسان، نشان می‌دهد گسستن پیوندهای هیدروژنی بین دارو و بسپار در محیط معده به خوبی انجام می‌شود.
- با توجه به این که رهایش نانوکپسول پودری در محیط برون سلولی، در ساده‌ترین شرایط و امکانات آزمایشگاهی انجام شده است، می‌توان گفت، داروی کپسیتابین به صورت خوراکی از طریق بارگذاری بر نانوحامل، می‌تواند درون معده در زمان ۰/۵ تا ۲/۵ ساعت، رهایش پیوسته و چشم‌گیری داشته باشد.

## مراجع

- [1] S. Benita, "Microencapsulation Methods and Industrial Applications", 2nd Edition, USA: CRC Press, 2006.
- [2] K. Hedayati, M. Goodarzi, D. Ghanbari, Hydrothermal synthesis of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles and flame resistance magnetic poly styrene nanocomposite, J NanoStruc 7, 32-39, 2017
- [3] B. Haley, E. Frenkel, "Nanoparticles for Drug Delivery in Cancer Treatment", Urologic

Oncology: Seminars and Original Investigations, 26, 57-64, 2008.

[4] A.S. Abreu, E.M. Castanheira, M.J.R. Queiroz, P.M. Ferreira, L.A. Vale-Silva, Nanoliposomes for encapsulation and delivery of the potential antitumoral methyl 6-methoxy-3-(4-methoxyphenyl)-1H-indole-2-carboxylate.

Nanoscale Res. Lett. 6, 482, 2011.

[5] A.D. Bangham; R. Horne, Negative staining of phospholipids and their structural modification by surface-active agents as observed in the electron microscope. J. Mol. Biol. 8, 660-668, 1964.

[6] D. A. Christian & et al. "Polymer Vesicles with a Red Cell-like Surface Charge: Microvascular Imaging and in vivo Tracking with Near Infrared Fluorescence. Macromolecular rapid communications". 31(2):135-141, 2010

[7] E.G. Bellomo & et al. "Stimuli-responsive polypeptide vesicles by conformation-specific assembly". Nature materials, 3(4): 244-248, 2004.

[8] M. Hruby, C. Konak and K. Ulbrich, "Polymeric micellar pH-sensitive drug delivery system for doxorubicin". Journal of Controlled Release, 103(1):137-148, 2005.

[9] Y. Choi, T. Thomas, A. Kotlyar, M.T, Islam; J.R, Baker, Synthesis and functional evaluation of DNA-assembled polyamidoamine dendrimer clusters for cancer cell-specific targeting. Chem. Biol. 12, 35-43, 2005.

[10] C. Crump, B. Rollins, F. Hayden, "In vitro antiviral activity and cytotoxicity of aspirin: lack of selective activity against influenza the virus or rhinovirus". Antivir. Chem. Chemother. 1, 217-220, 1990.

[11] F. Kavousi et.al. Synthesis and characterization of a magnetic polymer nanocomposite for the release of metoprolol and aspirin, Journal of Molecular Structure 1183, 324-330, 2019.

[12] S. Ahmadian Fard, M. Salavati-Niasari, D. Ghanbari, Hydrothermal green synthesis of magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-carbon dots by lemon and grape fruit extracts and as a photoluminescence sensor for detecting of E. coli bacteria, Spectrochim. Acta Mol. Biomol. Spectrosc. 203, 481-493, 2018.





# Preparation and Characterization of Cobalt Ferrite – Starch Nanocomposite as a Nanocarrier for Gradual Release of the Capecitabine Anticancer Drug

Mohsen. Abdollahifar, Mojtaba. Goodarzi \*, Davood. Ghanbari

\*Department of Basic Sciences, Arak University of Technology, Arak, Iran.

**Abstract:** In this paper, cobalt ferrite nanoparticles ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) and starch-capsaicin anticancer drug nanocomposites were synthesized. Structure morphology was investigated by scanning electron microscopy, crystalline phase X-ray diffraction and core-shell encapsulation were also investigated using TEM. In addition, capsaicin release was performed in human stomach-like environment at physiological temperature of human body and was subjected to ultraviolet visible spectroscopy. The results represent the introduction of a new and effective nanostructure for cancer treatment.

**Keywords:** Cobalt Ferrite, Nanoparticles, Capsitabine, Cancer, Nanocapsules