



٤٢٠٩١



## دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته علوم و صنایع غذایی

# بررسی تاثیر اتصال پروتئین به بتاگلوکان از راه واکنش میلارد بر خواص عملکردی آنها

توسط:

سارا انصاری

استاد راهنما:

دکتر محمود امین لاری  
مهندس رقیه رمضانی



۱۳۸۷ / ۱۲ / ۷

اسفند ۱۳۸۶

۴۷

بِهِ نَامِ خَدَا

بررسی تأثیر اتصال پروتئین به بتاگلوبولین از راه واکنش میلارد بر خواص عملکردی آنها

بہ وسیلہ ی:

سارا انصاری

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

مهندسی کشاورزی - علوم و صنایع غذایی

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

از نامه شده توسط کمیته بابان نامه با درجه:

دکتر محمود امین لاری، استاد بخش علوم و صنایع غذایی (رئیس کمیته)

مهندس رقیه رمضانی، مربی بخش علوم و صنایع غذایی(رئیس کمیته) ....

دکتر عسکر فرحنگی، استادیار بخش علوم و صنایع غذایی

۱۳۸۶ اسفندماه

## تقدیم به :

ستاره های پر فروز آسمان زندگی ام،  
پدر و مادر عزیز و فداکارم،  
به سپاس رحمات بی دریغ و فراوانی که در سرتاسر زندگی ام کشیده اند،  
باشد که پاسخگوی قطره ای از دریای بیکران محبتshan باشد.

## سپاسگزاری

حمد و سپاس بیکران یگانه معبد عارفان، آفریننده جهان و جهانیان که آثار عظمت و قدرتش در جای جای هر مکان و در هر زمان در نهایت جمال و شگفتی آشکار است و تمامی مخلوقات به عجز خویش در برابر جاه و جلال کبریائیش معتبرند و امید به لطف و عنایتش دارند. اکنون که به یاری خداوند متعال تحقیق و نگارش این رساله را به پایان رسانیده ام، وظیفه خود می‌دانم سپاس متواضعانه خویش را حضور استاد ارجمند و گرانقدرم جناب آقای دکتر محمود امین لاری و سرکار خانم مهندس رقیه رمضانی که زحمت راهنمایی و هدایت این پروژه را تقبل فرمودند، تقدیم نمایم. از رهنماوهای ارزنده شان در مسیر انجام این پایان نامه، حمایت و پشتیبانی هایشان در انجام کارهای عملی این رساله و دلگرمی دوستانه شان جهت ادامه راه صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر عسگر فرخناکی به جهت همفکری ها و مساعدت های ارزنده شان در طول انجام این تحقیق و ارائه نظرات مفیدشان در تصحیح پایان نامه کمال تشکر را دارم.

همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر مهرداد نیاکوثری به سبب راهنمایی ها و توصیه هایشان در تنظیم و نگارش پایان نامه سپاسگزارم.

در پایان شایسته است از کارشناسان محترم بخش صنایع غذایی سرکار خانم محسنی، سرکار خانم کشتکاران، سرکار خانم شفیعی، جناب آقای اسفندیاری و سایر دوستانی که در طول انجام این تحقیق مرا یاری کردند تشکر و سپاسگزاری نمایم.

## چکیده

# بررسی تأثیر اتصال پروتئین به بتاگلوکان از راه واکنش میلارد بر خواص عملکردی آنها

به وسیله‌ی:

سارا انصاری

در سال‌های اخیر با افزایش تقاضای مصرف کنندگان مبنی بر غذاهای سالم‌تر، تولید محصولات غذایی عملکر اهمیت قابل ملاحظه‌ای یافته است. یکی از مهمترین ترکیباتی که در این رابطه بطور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته، پلی ساکارید غیر شاخه‌ای ( $\beta$ -D- $\rightarrow$ 1) $\rightarrow$ 3) گلوکان است که بطور طبیعی در دیواره سلولی جو وجود دسری یافت می‌شود. این ترکیب اثرات مفیدی را بر پاسخ‌های گلایسمیک، انسولین و کلسترون خون دارد. هدف از این تحقیق اتصال بتاگلوکان به لیزوژیم و بررسی تأثیر آن بر خواص عملکردی و ضدمیکروبی هر دو ترکیب می‌باشد. گلیکوزیله کردن لیزوژیم تحت شرایط واکنش میلارد (دماهای  $60^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی٪۷۹ به مدت یک هفته) و با نسبت وزنی ۱ به ۱ صورت گرفت. اتصال کوالانسی بتاگلوکان به لیزوژیم با روش‌های الکتروفورز SDS-PAGE و کروماتوگرافی ژل فیلتراسیون G-100 و G-200 تایید گردید و نشان داده شد که بطور تقریبی  $3/6$  میلی مول بتاگلوکان به هر مول لیزوژیم اتصال یافته است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که نمونه‌های گلیکوزیله حلایلیت بیشتری را در مقادیر pH ۵، ۷، ۹ و دماهای مختلف ( $20^{\circ}\text{C}$ ،  $25^{\circ}\text{C}$  و  $40^{\circ}\text{C}$ ) نسبت به نمونه‌های کنترل داشتند. مقاومت حرارتی، فعالیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون لیزوژیم نیز طی اتصال به بتاگلوکان بطور قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. این در حالی است که فعالیت آنزیمی لیزوژیم در اثر گلیکوزیله کردن به میزان ۵۶ درصد در مقایسه با لیزوژیم معمولی کاهش یافت. نتایج حاصل از بررسی اثر ضدمیکروبی نمونه‌ها نیز نشان داد که کنژوگه کردن بتاگلوکان به لیزوژیم موجب بهبود اثر ضدمیکروبی آن در مقابل باکتری گرم منفی اشريشياکلي می‌شود، در عین حال اثر ضدمیکروبی آن بر روی باکتری گرم مثبت استافايلوكوكوس اورئوس محفوظ می‌ماند. ارزیابی رفتار رئولوژیکی بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه در سرعت های برشی  $0\text{--}15/2\text{--}5\text{--}15^{\circ}\text{C}$ ، دماهای ۵ تا  $60^{\circ}\text{C}$  و غلظت‌های  $0\text{--}2\text{--}10\text{--}15\text{--}20\text{--}25\text{--}30\text{--}35\text{--}40\text{--}45\text{--}50\text{--}55\text{--}60\text{--}65\text{--}70\text{--}75\text{--}80\text{--}85\text{--}90\text{--}95\text{--}100\text{--}105\text{--}110\text{--}115\text{--}120\text{--}125\text{--}130\text{--}135\text{--}140\text{--}145\text{--}150\text{--}155\text{--}160\text{--}165\text{--}170\text{--}175\text{--}180\text{--}185\text{--}190\text{--}195\text{--}200\text{--}205\text{--}210\text{--}215\text{--}220\text{--}225\text{--}230\text{--}235\text{--}240\text{--}245\text{--}250\text{--}255\text{--}260\text{--}265\text{--}270\text{--}275\text{--}280\text{--}285\text{--}290\text{--}295\text{--}300\text{--}305\text{--}310\text{--}315\text{--}320\text{--}325\text{--}330\text{--}335\text{--}340\text{--}345\text{--}350\text{--}355\text{--}360\text{--}365\text{--}370\text{--}375\text{--}380\text{--}385\text{--}390\text{--}395\text{--}400\text{--}405\text{--}410\text{--}415\text{--}420\text{--}425\text{--}430\text{--}435\text{--}440\text{--}445\text{--}450\text{--}455\text{--}460\text{--}465\text{--}470\text{--}475\text{--}480\text{--}485\text{--}490\text{--}495\text{--}500\text{--}505\text{--}510\text{--}515\text{--}520\text{--}525\text{--}530\text{--}535\text{--}540\text{--}545\text{--}550\text{--}555\text{--}560\text{--}565\text{--}570\text{--}575\text{--}580\text{--}585\text{--}590\text{--}595\text{--}600\text{--}605\text{--}610\text{--}615\text{--}620\text{--}625\text{--}630\text{--}635\text{--}640\text{--}645\text{--}650\text{--}655\text{--}660\text{--}665\text{--}670\text{--}675\text{--}680\text{--}685\text{--}690\text{--}695\text{--}700\text{--}705\text{--}710\text{--}715\text{--}720\text{--}725\text{--}730\text{--}735\text{--}740\text{--}745\text{--}750\text{--}755\text{--}760\text{--}765\text{--}770\text{--}775\text{--}780\text{--}785\text{--}790\text{--}795\text{--}800\text{--}805\text{--}810\text{--}815\text{--}820\text{--}825\text{--}830\text{--}835\text{--}840\text{--}845\text{--}850\text{--}855\text{--}860\text{--}865\text{--}870\text{--}875\text{--}880\text{--}885\text{--}890\text{--}895\text{--}900\text{--}905\text{--}910\text{--}915\text{--}920\text{--}925\text{--}930\text{--}935\text{--}940\text{--}945\text{--}950\text{--}955\text{--}960\text{--}965\text{--}970\text{--}975\text{--}980\text{--}985\text{--}990\text{--}995\text{--}1000\text{--}1005\text{--}1010\text{--}1015\text{--}1020\text{--}1025\text{--}1030\text{--}1035\text{--}1040\text{--}1045\text{--}1050\text{--}1055\text{--}1060\text{--}1065\text{--}1070\text{--}1075\text{--}1080\text{--}1085\text{--}1090\text{--}1095\text{--}1100\text{--}1105\text{--}1110\text{--}1115\text{--}1120\text{--}1125\text{--}1130\text{--}1135\text{--}1140\text{--}1145\text{--}1150\text{--}1155\text{--}1160\text{--}1165\text{--}1170\text{--}1175\text{--}1180\text{--}1185\text{--}1190\text{--}1195\text{--}1200\text{--}1205\text{--}1210\text{--}1215\text{--}1220\text{--}1225\text{--}1230\text{--}1235\text{--}1240\text{--}1245\text{--}1250\text{--}1255\text{--}1260\text{--}1265\text{--}1270\text{--}1275\text{--}1280\text{--}1285\text{--}1290\text{--}1295\text{--}1300\text{--}1305\text{--}1310\text{--}1315\text{--}1320\text{--}1325\text{--}1330\text{--}1335\text{--}1340\text{--}1345\text{--}1350\text{--}1355\text{--}1360\text{--}1365\text{--}1370\text{--}1375\text{--}1380\text{--}1385\text{--}1390\text{--}1395\text{--}1400\text{--}1405\text{--}1410\text{--}1415\text{--}1420\text{--}1425\text{--}1430\text{--}1435\text{--}1440\text{--}1445\text{--}1450\text{--}1455\text{--}1460\text{--}1465\text{--}1470\text{--}1475\text{--}1480\text{--}1485\text{--}1490\text{--}1495\text{--}1500\text{--}1505\text{--}1510\text{--}1515\text{--}1520\text{--}1525\text{--}1530\text{--}1535\text{--}1540\text{--}1545\text{--}1550\text{--}1555\text{--}1560\text{--}1565\text{--}1570\text{--}1575\text{--}1580\text{--}1585\text{--}1590\text{--}1595\text{--}1600\text{--}1605\text{--}1610\text{--}1615\text{--}1620\text{--}1625\text{--}1630\text{--}1635\text{--}1640\text{--}1645\text{--}1650\text{--}1655\text{--}1660\text{--}1665\text{--}1670\text{--}1675\text{--}1680\text{--}1685\text{--}1690\text{--}1695\text{--}1700\text{--}1705\text{--}1710\text{--}1715\text{--}1720\text{--}1725\text{--}1730\text{--}1735\text{--}1740\text{--}1745\text{--}1750\text{--}1755\text{--}1760\text{--}1765\text{--}1770\text{--}1775\text{--}1780\text{--}1785\text{--}1790\text{--}1795\text{--}1800\text{--}1805\text{--}1810\text{--}1815\text{--}1820\text{--}1825\text{--}1830\text{--}1835\text{--}1840\text{--}1845\text{--}1850\text{--}1855\text{--}1860\text{--}1865\text{--}1870\text{--}1875\text{--}1880\text{--}1885\text{--}1890\text{--}1895\text{--}1900\text{--}1905\text{--}1910\text{--}1915\text{--}1920\text{--}1925\text{--}1930\text{--}1935\text{--}1940\text{--}1945\text{--}1950\text{--}1955\text{--}1960\text{--}1965\text{--}1970\text{--}1975\text{--}1980\text{--}1985\text{--}1990\text{--}1995\text{--}2000\text{--}2005\text{--}2010\text{--}2015\text{--}2020\text{--}2025\text{--}2030\text{--}2035\text{--}2040\text{--}2045\text{--}2050\text{--}2055\text{--}2060\text{--}2065\text{--}2070\text{--}2075\text{--}2080\text{--}2085\text{--}2090\text{--}2095\text{--}2100\text{--}2105\text{--}2110\text{--}2115\text{--}2120\text{--}2125\text{--}2130\text{--}2135\text{--}2140\text{--}2145\text{--}2150\text{--}2155\text{--}2160\text{--}2165\text{--}2170\text{--}2175\text{--}2180\text{--}2185\text{--}2190\text{--}2195\text{--}2200\text{--}2205\text{--}2210\text{--}2215\text{--}2220\text{--}2225\text{--}2230\text{--}2235\text{--}2240\text{--}2245\text{--}2250\text{--}2255\text{--}2260\text{--}2265\text{--}2270\text{--}2275\text{--}2280\text{--}2285\text{--}2290\text{--}2295\text{--}2300\text{--}2305\text{--}2310\text{--}2315\text{--}2320\text{--}2325\text{--}2330\text{--}2335\text{--}2340\text{--}2345\text{--}2350\text{--}2355\text{--}2360\text{--}2365\text{--}2370\text{--}2375\text{--}2380\text{--}2385\text{--}2390\text{--}2395\text{--}2400\text{--}2405\text{--}2410\text{--}2415\text{--}2420\text{--}2425\text{--}2430\text{--}2435\text{--}2440\text{--}2445\text{--}2450\text{--}2455\text{--}2460\text{--}2465\text{--}2470\text{--}2475\text{--}2480\text{--}2485\text{--}2490\text{--}2495\text{--}2500\text{--}2505\text{--}2510\text{--}2515\text{--}2520\text{--}2525\text{--}2530\text{--}2535\text{--}2540\text{--}2545\text{--}2550\text{--}2555\text{--}2560\text{--}2565\text{--}2570\text{--}2575\text{--}2580\text{--}2585\text{--}2590\text{--}2595\text{--}2600\text{--}2605\text{--}2610\text{--}2615\text{--}2620\text{--}2625\text{--}2630\text{--}2635\text{--}2640\text{--}2645\text{--}2650\text{--}2655\text{--}2660\text{--}2665\text{--}2670\text{--}2675\text{--}2680\text{--}2685\text{--}2690\text{--}2695\text{--}2700\text{--}2705\text{--}2710\text{--}2715\text{--}2720\text{--}2725\text{--}2730\text{--}2735\text{--}2740\text{--}2745\text{--}2750\text{--}2755\text{--}2760\text{--}2765\text{--}2770\text{--}2775\text{--}2780\text{--}2785\text{--}2790\text{--}2795\text{--}2800\text{--}2805\text{--}2810\text{--}2815\text{--}2820\text{--}2825\text{--}2830\text{--}2835\text{--}2840\text{--}2845\text{--}2850\text{--}2855\text{--}2860\text{--}2865\text{--}2870\text{--}2875\text{--}2880\text{--}2885\text{--}2890\text{--}2895\text{--}2900\text{--}2905\text{--}2910\text{--}2915\text{--}2920\text{--}2925\text{--}2930\text{--}2935\text{--}2940\text{--}2945\text{--}2950\text{--}2955\text{--}2960\text{--}2965\text{--}2970\text{--}2975\text{--}2980\text{--}2985\text{--}2990\text{--}2995\text{--}3000\text{--}3005\text{--}3010\text{--}3015\text{--}3020\text{--}3025\text{--}3030\text{--}3035\text{--}3040\text{--}3045\text{--}3050\text{--}3055\text{--}3060\text{--}3065\text{--}3070\text{--}3075\text{--}3080\text{--}3085\text{--}3090\text{--}3095\text{--}3100\text{--}3105\text{--}3110\text{--}3115\text{--}3120\text{--}3125\text{--}3130\text{--}3135\text{--}3140\text{--}3145\text{--}3150\text{--}3155\text{--}3160\text{--}3165\text{--}3170\text{--}3175\text{--}3180\text{--}3185\text{--}3190\text{--}3195\text{--}3200\text{--}3205\text{--}3210\text{--}3215\text{--}3220\text{--}3225\text{--}3230\text{--}3235\text{--}3240\text{--}3245\text{--}3250\text{--}3255\text{--}3260\text{--}3265\text{--}3270\text{--}3275\text{--}3280\text{--}3285\text{--}3290\text{--}3295\text{--}3300\text{--}3305\text{--}3310\text{--}3315\text{--}3320\text{--}3325\text{--}3330\text{--}3335\text{--}3340\text{--}3345\text{--}3350\text{--}3355\text{--}3360\text{--}3365\text{--}3370\text{--}3375\text{--}3380\text{--}3385\text{--}3390\text{--}3395\text{--}3400\text{--}3405\text{--}3410\text{--}3415\text{--}3420\text{--}3425\text{--}3430\text{--}3435\text{--}3440\text{--}3445\text{--}3450\text{--}3455\text{--}3460\text{--}3465\text{--}3470\text{--}3475\text{--}3480\text{--}3485\text{--}3490\text{--}3495\text{--}3500\text{--}3505\text{--}3510\text{--}3515\text{--}3520\text{--}3525\text{--}3530\text{--}3535\text{--}3540\text{--}3545\text{--}3550\text{--}3555\text{--}3560\text{--}3565\text{--}3570\text{--}3575\text{--}3580\text{--}3585\text{--}3590\text{--}3595\text{--}3600\text{--}3605\text{--}3610\text{--}3615\text{--}3620\text{--}3625\text{--}3630\text{--}3635\text{--}3640\text{--}3645\text{--}3650\text{--}3655\text{--}3660\text{--}3665\text{--}3670\text{--}3675\text{--}3680\text{--}3685\text{--}3690\text{--}3695\text{--}3700\text{--}3705\text{--}3710\text{--}3715\text{--}3720\text{--}3725\text{--}3730\text{--}3735\text{--}3740\text{--}3745\text{--}3750\text{--}3755\text{--}3760\text{--}3765\text{--}3770\text{--}3775\text{--}3780\text{--}3785\text{--}3790\text{--}3795\text{--}3800\text{--}3805\text{--}3810\text{--}3815\text{--}3820\text{--}3825\text{--}3830\text{--}3835\text{--}3840\text{--}3845\text{--}3850\text{--}3855\text{--}3860\text{--}3865\text{--}3870\text{--}3875\text{--}3880\text{--}3885\text{--}3890\text{--}3895\text{--}3900\text{--}3905\text{--}3910\text{--}3915\text{--}3920\text{--}3925\text{--}3930\text{--}3935\text{--}3940\text{--}3945\text{--}3950\text{--}3955\text{--}3960\text{--}3965\text{--}3970\text{--}3975\text{--}3980\text{--}3985\text{--}3990\text{--}3995\text{--}4000\text{--}4005\text{--}4010\text{--}4015\text{--}4020\text{--}4025\text{--}4030\text{--}4035\text{--}4040\text{--}4045\text{--}4050\text{--}4055\text{--}4060\text{--}4065\text{--}4070\text{--}4075\text{--}4080\text{--}4085\text{--}4090\text{--}4095\text{--}4100\text{--}4105\text{--}4110\text{--}4115\text{--}4120\text{--}4125\text{--}4130\text{--}4135\text{--}4140\text{--}4145\text{--}4150\text{--}4155\text{--}4160\text{--}4165\text{--}4170\text{--}4175\text{--}4180\text{--}4185\text{--}4190\text{--}4195\text{--}4200\text{--}4205\text{--}4210\text{--}4215\text{--}4220\text{--}4225\text{--}4230\text{--}4235\text{--}4240\text{--}4245\text{--}4250\text{--}4255\text{--}4260\text{--}4265\text{--}4270\text{--}4275\text{--}4280\text{--}4285\text{--}4290\text{--}4295\text{--}4300\text{--}4305\text{--}4310\text{--}4315\text{--}4320\text{--}4325\text{--}4330\text{--}4335\text{--}4340\text{--}4345\text{--}4350\text{--}4355\text{--}4360\text{--}4365\text{--}4370\text{--}4375\text{--}4380\text{--}4385\text{--}4390\text{--}4395\text{--}4400\text{--}4405\text{--}4410\text{--}4415\text{--}4420\text{--}4425\text{--}4430\text{--}4435\text{--}4440\text{--}4445\text{--}4450\text{--}4455\text{--}4460\text{--}4465\text{--}4470\text{--}4475\text{--}4480\text{--}4485\text{--}4490\text{--}4495\text{--}4500\text{--}4505\text{--}4510\text{--}4515\text{--}4520\text{--}4525\text{--}4530\text{--}4535\text{--}4540\text{--}4545\text{--}4550\text{--}4555\text{--}4560\text{--}4565\text{--}4570\text{--}4575\text{--}4580\text{--}4585\text{--}4590\text{--}4595\text{--}4600\text{--}4605\text{--}4610\text{--}4615\text{--}4620\text{--}4625\text{--}4630\text{--}4635\text{--}4640\text{--}4645\text{--}4650\text{--}4655\text{--}4660\text{--}4665\text{--}4670\text{--}4675\text{--}4680\text{--}4685\text{--}4690\text{--}4695\text{--}4700\text{--}4705\text{--}4710\text{--}4715\text{--}4720\text{--}4725\text{--}4730\text{--}4735\text{--}4740\text{--}4745\text{--}4750\text{--}4755\text{--}4760\text{--}4765\text{--}4770\text{--}4775\text{--}4780\text{--}4785\text{--}4790\text{--}4795\text{--}4800\text{--}4805\text{--}4810\text{--}4815\text{--}4820\text{--}4825\text{--}4830\text{--}4835\text{--}4840\text{--}4845\text{--}4850\text{--}4855\text{--}4860\text{--}4865\text{--}4870\text{--}4875\text{--}4880\text{--}4885\text{--}4890\text{--}4895\text{--}4900\text{--}4905\text{--}4910\text{--}4915\text{--}4920\text{--}4925\text{--}4930\text{--}4935\text{--}4940\text{--}4945\text{--}4950\text{--}4955\text{--}4960\text{--}4965\text{--}4970\text{--}4975\text{--}4980\text{--}4985\text{--}4990\text{--}4995\text{--}5000\text{--}5005\text{--}5010\text{--}5015\text{--}5020\text{--}5025\text{--}5030\text{--}5035\text{--}5040\text{--}5045\text{--}5050\text{--}5055\text{--}5060\text{--}5065\text{--}5070\text{--}5075\text{--}5080\text{--}5085\text{--}5090\text{--}5095\text{--}5100\text{--}5105\text{--}5110\text{--}5115\text{--}5120\text{--}5125\text{--}5130\text{--}5135\text{--}5140\text{--}5145\text{--}5150\text{--}5155\text{--}5160\text{--}5165\text{--}5170\text{--}5175\text{--}5180\text{--}5185\text{--}5190\text{--}5195\text{--}5200\text{--}5205\text{--}5210\text{--}5215\text{--}5220\text{--}5225\text{--}5230\text{--}5235\text{--}5240\text{--}5245\text{--}5250\text{--}5255\text{--}5260\text{--}5265\text{--}5270\text{--}5275\text{--}5280\text{--}5285\text{--}5290\text{--}5295\text{--}5300\text{--}5305\text{--}5310\text{--}5315\text{--}5320\text{--}5325\text{--}5330\text{--}5335\text{--}5340\text{--}5345\text{--}5350\text{--}5355\text{--}5360\text{--}5365\text{--}5370\text{--}5375\text{--}5380\text{--}5385\text{--}5390\text{--}5395\text{--}5400\text{--}5405\text{--}5410\text{--}5415\text{--}5420\text{--}5425\text{--}5430\text{--}5435\text{--}5440\text{--}5445\text{--}5450\text{--}5455\text{--}5460\text{--}5465\text{--}5470\text{--}5475\text{--}5480\text{--}5485\text{--}5490\text{--}5495\text{--}5500\text{--}5505\text{--}5510\text{--}5515\text{--}5520\text{--}5525\text{--}5530\text{--}5535\text{--}5540\text{--}5545\text{--}5550\text{--}5555\text{--}5560\text{--}5565\text{--}5570\text{--}5575\text{--}5580\text{--}5585\text{--}5590\text{--}5595\text{--}5600\text{--}5605\text{--}5610\text{--}5615\text{--}5620\text{--}5625\text{--}5630\text{--}5635\text{--}5640\text{--}5645\text{--}5650\text{--}5655\text{--}5660\text{--}5665\text{--}5670\text{--}5675\text{--}5680\text{--}5685\text{--}5690\text{--}5695\text{--}5700\text{--}5705\text{--}5710\text{--}5715\text{--}5720\text{--}5725\text{--}5730\text{--}5735\text{--}5740\text{--}5745\text{--}5750\$

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
۱-۱- پیشگفتار	۱
۱-۲- خواص عملکردی بیوپلیمرهای غذایی	۱
۱-۳- برهمکنش های میان بیوپلیمرها	۲
۱-۴- ایجاد عملکرد جدید بر پایه برهمکنش میان بیوپلیمرها در محلول	۴
۱-۵- کاربردهای صنعتی کمپلکس های پروتئین- پلی ساکاریدی	۶
۱-۶- بتاگلوکان	۷
۱-۶-۱- D-β - ۱-۶-۱- گلوکان خطی	۸
۱-۶-۱- D-β - ۲-۶-۱- گلوکان ها	۹
۱-۶-۱- D-β - ۳-۶-۱- گلوکان ها	۱۱
۱-۶-۱- خواص عملکردی بتاگلوکان	۱۴
۱-۶-۱- خواص تغذیه‌ای و فیزیولوژیکی بتاگلوکان	۱۷
۱-۶-۱- کاربرد بالقوه بتاگلوکان در محصولات غذایی	۲۱
۱-۶-۱- لیزوزیم	۲۲
۱-۷-۱- تاریخچه لیزوزیم	۲۲
۱-۷-۱- منابع آنزیم لیزوزیم	۲۳
۱-۷-۱- خصوصیات ساختاری لیزوزیم	۲۴
۱-۷-۱- عملکرد لیزوزیم	۲۶
۱-۷-۱- کاربرد لیزوزیم	۲۸
۱-۸-۱- اصلاح پروتئین ها	۳۱
۱-۸-۱- اصلاح فیزیکی	۳۲
۱-۸-۱- اصلاح آنزیمی	۳۳
۱-۸-۱- اصلاح شیمیایی	۳۵

## عنوان

## صفحه

٣٦.....	۱-۳-۸-۱- اصلاح شیمیایی پروتئین ها به روش میلارد
٤٢.....	فصل دوم: مروری بر تحقیقات و پژوهش‌های انجام شده
٤٢.....	۱-۲- اصلاحات انجام شده بر روی لیزوزیم
٤٦.....	۲-۲- اصلاحات انجام شده بر روی بتاگلوکان
٤٨.....	۳-۲- اهداف تحقیق
٤٩.....	فصل سوم : مواد و روش ها
٤٩.....	۱-۳- مواد مورد نیاز
٥٠.....	۲-۳- وسایل و دستگاه های مورد نیاز
٥١.....	۳-۳- روش کار
٥١.....	۱-۳-۳- اتصال لیزوزیم به بتاگلوکان
٥١.....	۲-۳-۳- انجام کروماتوگرافی به روش ژل فیلتراسیون(صفی مولکولی)
٥١.....	۱-۲-۳-۳- ژل فیلتراسیون بر روی سفادکس G-100
٥١.....	۱-۲-۳-۳- آماده سازی ستون
٥٢.....	۲-۱-۲-۳-۳- آماده سازی نمونه
٥٢.....	۳-۱-۲-۳-۳- نمونه گذاری در ستون
٥٢.....	۲-۲-۳-۳- ژل فیلتراسیون بر روی سفادکس G-200
٥٣.....	۳-۳-۳- الکتروفورز
٥٣.....	۱-۳-۳-۳- تهیه محلول های الکتروفورز
٥٤.....	۲-۳-۳-۳- تهیه ژل جداکننده با غلظت های مختلف آکریل آمید
٥٥.....	۳-۳-۳-۳- تهیه ژل متراکم کننده(ژل رویی)
٥٦.....	۴-۳-۳-۳- نمونه گذاری و انجام الکتروفورز
٥٧.....	۵-۳-۳-۳- رنگ آمیزی و رنگ زدایی ژل
٥٧.....	۴-۳-۳-۳- تعیین میزان قند نمونه
٥٧.....	۱-۴-۳-۳- آماده سازی اولیه نمونه
٥٨.....	۲-۴-۳-۳- تهیه محلول های استاندارد
٥٨.....	۳-۴-۳-۳- روش اندازه گیری
٥٨.....	۴-۴-۳-۳- اندازه گیری قند نمونه ها
۵۹.....	۵-۳-۳-۳- بررسی فعالیت آنزیمی لیزوزیم

## عنوان

## صفحه

۱-۳-۵-۱- آماده سازی سوبسترا ..... ۵۹	۳-۳-۵-۲- آماده سازی آنزیم ..... ۶۰
۳-۳-۵-۳- آندازه گیری فعالیت آنزیم ..... ۶۰	۳-۳-۳- برسی خواص عملکردی پروتئین ..... ۶۰
۳-۳-۳- حلالیت پروتئین در مقادیر pH مختلف ..... ۶۰	۳-۳-۳-۱- اندازه گیری پروتئین به روش میکروکلدا ..... ۶۱
۳-۳-۳-۱-۱- اندازه گیری پروتئین محلول در مایع فوقانی به روش لوری ..... ۶۱	۳-۳-۳-۱-۲- آماده سازی محلول ها ..... ۶۱
۳-۳-۳-۲- روش کار ..... ۶۲	۳-۳-۳-۲- حلالیت پروتئین در دماهای مختلف ..... ۶۳
۳-۳-۳-۳- خواص امولسیفایری ..... ۶۴	۳-۳-۳-۴- پایداری حرارتی ..... ۶۴
۳-۳-۳-۵- برسی فعالیت ضدمیکروبی لیزوژیم ..... ۶۵	۳-۳-۳-۶- تهیه محلول های لازم برای انجام آزمایشات میکروبی ..... ۶۵
۳-۳-۳-۷- انجام آزمایشات میکروبی ..... ۶۵	۳-۳-۳-۸- برسی خواص عملکردی بتاگلوکان ..... ۶۶
۳-۳-۳-۹- برسی میزان تورم (یا ظرفیت نگهداری آب) و حلالیت ..... ۶۶	۳-۳-۱۰- تعیین ویسکوزیته ذاتی ..... ۶۷
۳-۳-۱۱- برسی رفتار رئولوژیکی ..... ۶۸	۳-۳-۱۲- تجزیه آماری داده ها ..... ۶۹
۳-۳-۱۳- فصل چهارم : نتایج ..... ۷۰	
۴-۱- تاثیر گلیکوزیله کردن بر رفتار الکتروفورتیکی SDS-PAGE لیزوژیم ..... ۷۰	
۴-۲- تاثیر گلیکوزیله کردن بر رفتار کروماتوگرافی لیزوژیم ..... ۷۳	

## عنوان

### صفحه

۱-۲-۴- کروماتوگرافی ژل فیلتراسیون بر روی سفادکس G-100 و G-200	۷۳
۴-۳- بررسی میزان قند متصل شده به لیزوزیم با روش فنول سولفوریک اسید	۷۶
۴-۴- بررسی فعالیت آنزیمی لیزوزیم کنژوگه شده با بتاگلوکان	۷۶
۴-۵- تاثیر pH بر حلایت لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۷
۴-۶- تاثیر دما بر حلایت لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۸
۴-۷- پایداری حرارتی لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۸
۴-۸- خواص امولسیفایری لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۹
۴-۹- بررسی فعالیت ضدمیکروبی لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۸۰
۴-۱۰- نتایج حاصل از بررسی خواص عملکردی بتاگلوکان	۸۳
۴-۱۰-۱- بررسی میزان تورم (یا ظرفیت نگهداری آب) و حلایت	۸۳
۴-۱۰-۲- تعیین ویسکوزیته ذاتی	۸۴
۴-۱۰-۳- نتایج حاصل از بررسی رفتارهای رئولوژیکی	۸۵
۴-۱۰-۳-۱- تاثیر غلظت بر فاکتورهای رئولوژیکی در دمای ثابت	۸۶
۴-۱۰-۳-۲- تاثیر دما بر فاکتورهای رئولوژیکی نمونه با غلظت ثابت	۹۰
۴-۱۰-۳-۳- رسم منحنی آرنیوس	۹۵
<b>فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری</b>	۹۸

۱-۵- بررسی اثر گلیکوزیله کردن بر میزان اتصال بتاگلوکان به لیزوزیم	۹۸
۱-۵- اثر گلیکوزیله کردن بر فعالیت آنزیمی لیزوزیم	۱۰۰
۱-۵- اثر گلیکوزیله کردن بر ویژگی های عملکردی لیزوزیم	۱۰۰
۱-۳-۵- اثر pH بر حلایت لیزوزیم	۱۰۱
۱-۳-۵- اثر دما بر حلایت لیزوزیم	۱۰۲
۱-۳-۵- اثر گلیکوزیله کردن بر پایداری حرارتی لیزوزیم	۱۰۳
۱-۳-۵- اثر گلیکوزیله کردن بر خواص امولسیفایری لیزوزیم	۱۰۴
۱-۳-۵- اثر گلیکوزیله کردن بر خواص ضدمیکروبی لیزوزیم	۱۰۵
۱-۵- تاثیر کنژوگه کردن بر خواص عملکردی بتاگلوکان	۱۰۸
۱-۵-۱- ظرفیت نگهداری (یا جذب) آب و حلایت	۱۰۸
۱-۵-۲- ویسکوزیته ذاتی	۱۰۹

## عنوان

## صفحه

۱۱۰.....	۳-۵-۵- رفتار رئولوژیکی
۱۱۰.....	۱-۳-۵-۵- تاثیر غلظت بر پارامترهای رئولوژیکی
۱۱۱.....	۲-۳-۵-۵- تاثیر دما بر پارامترهای رئولوژیکی
۱۱۲.....	۳-۳-۵-۵- بررسی منحنی آرنیوس
۱۱۳.....	۶-۵- نتیجه گیری کلی
۱۱۴.....	پیشنهادات
۱۱۵.....	پیوست
۱۲۲.....	فهرست منابع

## فهرست جداول

عنوان و شماره	صفحه
جدول ۱-۳- مقادیر مورد نیاز برای تهیه ژل آکریل آمید با درصد های مختلف.....	۵۵
جدول ۲-۳- مقادیر مورد نیاز برای تهیه ژل رویی.....	۵۶
جدول ۳-۳- آماده سازی محلول استاندارد بتاگلوکان.....	۵۸
جدول ۱-۴- میزان بتاگلوکان اتصال یافته به نمونه های پروتئینی.....	۷۶
جدول ۲-۴- فعالیت آزیمی لیزوژیم و لیزوژیم اصلاح شده.....	۷۷
جدول ۳-۴- تاثیر pH بر حلایت نمونه های لیزوژیم و لیزوژیم اصلاح شده .....	۷۷
جدول ۴-۴- تاثیر دما بر حلایت نمونه های لیزوژیم و لیزوژیم گلیکوزیله شده در pH برابر ۵.....	۷۸
جدول ۴-۵- فعالیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون تشکیل شده در نمونه های پروتئینی.....	۷۹
جدول ۴-۶- ظرفیت نگهداری آب و حلایت بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه .....	۸۳
جدول ۴-۷- ویسکوزیته ذاتی بتاگلوکان کنژوگه در مقایسه با بتاگلوکان.....	۸۵
جدول ۴-۸- ویسکوزیته ذاتی و وزن مولکولی محاسبه شده برای بتاگلوکان.....	۸۵
جدول ۴-۹- پارامترهای رئولوژیکی محلول های بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه در غلظت های مختلف .....	۹۰
جدول ۱۰-۴- پارامترهای رئولوژیکی محلول های ۱ درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه در دماهای مختلف.....	۹۵
جدول ۱۱-۴- انرژی فعال سازی و فاکتور A محلول ۱٪ بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه در محدوده دمایی $5^{\circ}\text{C}$ - $60^{\circ}\text{C}$ حاصل از منحنی آرنیوس.....	۹۷
جدول ۱-پیوست- اثر ضد میکروبی لیزوژیم حرارت دیده، لیزوژیم اصلاح شده با بتاگلوکان و بتاگلوکان بر باکتری گرم منفی اشربیشیاکلی.....	۱۱۸
جدول ۲-پیوست- اثر ضد میکروبی لیزوژیم حرارت دیده، لیزوژیم اصلاح شده با بتاگلوکان و بتاگلوکان بر باکتری گرم مثبت استافیلوكوکوس اورئوس	۱۱۸

## فهرست شکل‌ها

عنوان و شماره	صفحة
شکل ۱-۱- نحوه آرایش ساختاری مولکول‌ها هنگام اختلاط پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها	۵
شکل ۱-۲- ساختار شیمیایی کرده‌ان	۹
شکل ۱-۳- ساختار شیمیایی $\beta$ -D-(۳ $\rightarrow$ ۱)-۱) گلوکان	۱۰
شکل ۱-۴- ساختار شیمیایی $\beta$ -D-(۳ $\rightarrow$ ۱)-۱) گلوکان	۱۲
شکل ۱-۵- نحوه عمل آنزیم لیکناز بر بتاگلوکان	۱۳
شکل ۱-۶- منحنی استاندارد بتاگلوکان برای تعیین مقدار قند اتصال یافته به نمونه‌های پروتئینی	۵۹
شکل ۲-۱- منحنی استاندارد بدست آمده با آلبومین سرم گاوی برای تعیین میزان پروتئین مجھول با استفاده از روش لوری	۶۳
شکل ۲-۲- الگوی الکتروفورز لیزوژیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان بر روی ژل پلی اکریل آمید با غلظت ۱۰٪	۷۱
شکل ۲-۳- الگوی الکتروفورز لیزوژیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان بر روی ژل پلی اکریل آمید با شیب غلظت ۵ تا ۲۰٪	۷۲
شکل ۳-۱- کروماتوگرام حاصل از ژل فیلتراسیون G-100 نمونه‌های لیزوژیم گلیکوزیله نشده و گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۴
شکل ۳-۲- کروماتوگرام حاصل از ژل فیلتراسیون G-200 نمونه‌های لیزوژیم گلیکوزیله نشده و گلیکوزیله شده با بتاگلوکان	۷۵
شکل ۴-۱- پایداری حرارتی لیزوژیم و لیزوژیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان در دماهای مختلف	۷۹
شکل ۴-۲- اثر ضد میکروبی لیزوژیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان، بتاگلوکان و لیزوژیم حرارت دیده بدون بتاگلوکان بر باکتری گرم منفی اشریشیاکلی	۸۱
شکل ۴-۳- اثر ضد میکروبی لیزوژیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان، بتاگلوکان	

## عنوان و شماره

### صفحه

و لیزوزیم حرارت دیده بدون بتاگلوکان بر باکتری گرم مثبت استافیلولکوس اورئوس.....	۸۲
شکل ۴-۷- ویسکوزیته کاهش یافته بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه در محدوده غلظت ۱/۰-۰/۱ درصد.....	۸۴
شکل ۴-۸- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان در غلظتهاي مختلف (۰/۰-۰/۵ درصد) در دماي ثابت ۲۵ درجه سانتي گراد.....	۸۶
شکل ۴-۹- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت هاي مختلف (۰/۵-۰/۰ درصد) در دماي ثابت ۲۵ درجه سانتي گراد.....	۸۷
شکل ۴-۱۰- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت ۰/۵ درصد.....	۸۷
شکل ۴-۱۱- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت ۱ درصد.....	۸۸
شکل ۴-۱۲- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت ۱/۵ درصد.....	۸۸
شکل ۴-۱۳- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت ۲ درصد.....	۸۹
شکل ۴-۱۴- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول يك درصد بتاگلوکان در دماهای مختلف ۵ تا ۶۰ درجه سانتي گراد.....	۹۱
شکل ۴-۱۵- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول يك درصد بتاگلوکان کنژوگه در دماهای مختلف ۵ تا ۶۰ درجه سانتي گراد.....	۹۱
شکل ۴-۱۶- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول يك درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در دماي ۵ درجه سانتي گراد.....	۹۲
شکل ۴-۱۷- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول يك درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در دماي ۱۵ درجه سانتي گراد.....	۹۲
شکل ۴-۱۸- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول يك درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنژوگه شده در دماي ۲۵ درجه سانتي گراد.....	۹۳

- شکل ۱۹-۴- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول یک درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنزوگه شده در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد..... ۹۳
- شکل ۲۰-۴- تغییرات ویسکوزیته- سرعت برشی محلول یک درصد بتاگلوکان و بتاگلوکان کنزوگه شده در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد..... ۹۴
- شکل ۲۱-۴- منحنی  $Ln$  ویسکوزیته در مقابل معکوس دما محلول ۱ درصد بتاگلوکان در محدوده دمایی  ${}^{\circ}C$  ۵-۶۰ و چهار سرعت برشی..... ۹۶
- شکل ۲۲-۴- منحنی  $Ln$  ویسکوزیته در مقابل معکوس دما محلول ۱ درصد بتاگلوکان کنزوگه در محدوده دمایی  ${}^{\circ}C$  ۵-۶۰ و چهار سرعت برشی..... ۹۶
- شکل ۱- پیوست- فعالیت آنزیمی لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان..... ۱۱۵
- شکل ۲- پیوست- تاثیر pH بر حلالیت نمونه های لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان..... ۱۱۵
- شکل ۳- پیوست- تاثیر دما بر حلالیت نمونه های لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان..... ۱۱۶
- شکل ۴- پیوست- فعالیت امولسیون کنندگی لیزوزیم حرارت دیده و لیزوزیم گلیکوزیله شده در مقایسه با لیزوزیم طبیعی..... ۱۱۶
- شکل ۵- پیوست- پایداری امولسیون تشکیل شده در لیزوزیم حرارت دیده و لیزوزیم گلیکوزیله شده در مقایسه با لیزوزیم طبیعی..... ۱۱۷
- شکل ۶- پیوست- منحنی پایداری امولسیون تشکیل شده در لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان در مقایسه با لیزوزیم و لیزوزیم حرارت دیده..... ۱۱۷
- شکل ۷- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول بتاگلوکان در غلظت های مختلف ۰/۵ تا ۲ درصد..... ۱۱۹
- شکل ۸- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول بتاگلوکان کنزوگه شده در غلظت های مختلف ۰/۵ تا ۲ درصد..... ۱۱۹
- شکل ۹- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول ۱ درصد بتاگلوکان در محدوده دمایی ۵ تا ۶۰ درجه سانتی گراد..... ۱۲۰
- شکل ۱۰- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول ۱ درصد بتاگلوکان کنزوگه شده در محدوده دمایی ۵ تا ۶۰ درجه سانتی گراد..... ۱۲۱

و بتاگلوکان کنژوگه شده در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد.....	۹۴
شکل ۲۱-۴- منحنی Ln ویسکوزیته در مقابل معکوس دما محلول ۱ درصد بتاگلوکان در محدوده دمایی ۵-۶۰ °C و چهار سرعت برشی.....	۹۶
شکل ۲۲-۴- منحنی Ln ویسکوزیته در مقابل معکوس دما محلول ۱ درصد بتاگلوکان کنژوگه در محدوده دمایی ۵-۶۰ °C و چهار سرعت برشی.....	۹۶
شکل ۱- پیوست- فعالیت آنزیمی لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان.....	۱۱۵
شکل ۲- پیوست- تاثیر pH بر حلایق نمونه های لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان.....	۱۱۵
شکل ۳- پیوست- تاثیر دما بر حلایق نمونه های لیزوزیم و لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان.....	۱۱۶
شکل ۴- پیوست- فعالیت امولسیون کنندگی لیزوزیم حرارت دیده و لیزوزیم گلیکوزیله شده در مقایسه با لیزوزیم طبیعی.....	۱۱۶
شکل ۵- پیوست- پایداری امولسیون تشکیل شده در لیزوزیم حرارت دیده و لیزوزیم گلیکوزیله شده در مقایسه با لیزوزیم طبیعی.....	۱۱۷
شکل ۶- پیوست- منحنی پایداری امولسیون تشکیل شده در لیزوزیم گلیکوزیله شده با بتاگلوکان در مقایسه با لیزوزیم و لیزوزیم حرارت دیده.....	۱۱۷
شکل ۷- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول بتاگلوکان در غلظت های مختلف ۰/۵ تا ۲ درصد.....	۱۱۹
شکل ۸- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول بتاگلوکان کنژوگه شده در غلظت های مختلف ۰/۵ تا ۲ درصد.....	۱۱۹
شکل ۹- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول ۱ درصد بتاگلوکان در محدوده دمایی ۵ تا ۶۰ درجه سانتی گراد.....	۱۲۰
شکل ۱۰- پیوست- منحنی فشار برشی- سرعت برشی محلول ۱ درصد بتاگلوکان کنژوگه شده در محدوده دمایی ۵ تا ۶۰ درجه سانتی گراد.....	۱۲۱

## ۱- مقدمه

### ۱-۱- پیشگفتار:

امروزه همزمان با تلاش برای دستیابی به راههای درمان بیماری‌های تهدید کننده زندگی نظری سلطان، تحقیقات در جهت پیشگیری از این بیماری‌ها از طریق تغذیه رو به افزایش است. بسیاری از کشورهای صنعتی ضمن اینکه امکان زندگی طولانی و بهتر را با ارائه محصولات غذایی ایمن، مفید و در عین حال لذیذ برای جوامع خود فراهم ساخته اند، هزینه‌های درمان بیماری‌ها را نیز کاهش داده اند. پیشرفت‌های اخیر در علوم و تکنولوژی غذا توانسته است مهارت‌های لازم برای کنترل و بهبود ساختار فیزیکی و ترکیبات شیمیایی محصولات غذایی را فراهم نماید (Wood and Beer, 1998).

مواد غذایی فرموله شده اساساً شامل مجموعه پیچیده‌ای از اجزای غذایی متعدد نظیر پروتئین‌ها، پلی ساکاریدها، لیپیدها، قندها، امولسیفایرها، موادمعدنی و آب هستند که در میان این ترکیبات پروتئین‌ها و پلی ساکاریدها بواسطه اعمال ویژگی‌های عملکردی<sup>۱</sup> نظیر تشکیل ژل<sup>۲</sup>، قوام دهنگی<sup>۳</sup> و پایداری سطحی<sup>۴</sup> نقش کلیدی در ساختار و تثیت سیستم‌های غذایی ایفا می‌کنند. پروتئین‌ها پلیمرهای پیچیده از اسیدهای آمینه هستند که بدلیل ساختار و ترکیب شیمیایی خاص خود در ایجاد خصوصیات فیزیکی و بافتی مناسب و لازم در مواد غذایی نقش مهمی دارند. این ترکیبات همچنین از نظر ایجاد عطر و طعم در غذا حائز اهمیت هستند. طبق تعریف پروتئین‌های غذایی به آن دسته از پروتئین‌های ضرورتاً قابل هضم، غیر سمی و به اندازه کافی مغذی گفته می‌شود که از نظر عملکردی در محصولات غذایی قابل استفاده بوده و بطور فراوان هم در دسترس باشند. از نقطه نظر بیولوژیک پروتئین‌های غذایی فراهم

<sup>1</sup> Functional properties

<sup>2</sup> Gel formation

<sup>3</sup> Thickening

<sup>4</sup> Surface stability

آورنده اجزا لازم جهت ساخت پروتئین های مختلف چون پروتئین های ساختمانی، آنزیم ها و بسیاری هورمون ها بوده که اساس حیات را در موجودات زنده تشکیل می دهند. پلی ساکاریدها نیز فراوان ترین ترکیبات آلی موجود در طبیعت هستند و شامل انواع قندهای ساده، پلیمرهای نشاسته، سلولز، دکسترین، صمغ ها و دیگر ترکیبات مربوطه می باشند. این گروه از ترکیبات هم از نظر عناصر ساختاری و هم حفظ فعالیت های عملکردی نقش مهمی را در حیات گیاهان و حیوانات ایفا می کنند. با توجه به فراوانی و همچنین ارزانی، کربوهیدرات ها تأمین کننده بخش اعظم انرژی انسان می باشند و در تغذیه دام و طیور - که خود مورد استفاده انسان قرار می گیرند- نقش بسیار مهمی دارند (Damodaran, 1996).

## ۱-۲- خواص عملکردی بیوپلیمرهای غذایی:

نوع، تعداد، توالی و نحوه اتصال منومرها در یک بیوپلیمر غذایی تعیین کننده خواص مولکولی آن در محلول (نظیر طول زنجیره، انشعاب، بار، انعطاف پذیری و هیدروفوبیسیتی) است. این خواص مولکولی به مقدار زیادی بر ویژگی های عملکردی بیوپلیمرها در ماده غذایی (شامل قابلیت آنها برای غلیظ کردن محلول ها، تشکیل ژل، حفظ و نگهداری آب همچنین تشکیل و پایداری امولسیون و کف) اثر می گذارد. هر کدام از این بیوپلیمرها به تنهایی می توانند جهت فراهم کردن بسیاری از این صفات حسی بکار روند، با این حال عملکرد های بهبود یافته یا جدید در یک سیستم اغلب با کاربرد مخلوط بیوپلیمرها ایجاد می شود (McClements 2006).

## ۱-۳- برهمکنش های<sup>۱</sup> میان بیوپلیمرها:

علاوه بر خواص عملکردی هر یک از پروتئین ها و پلی ساکاریدها، ماهیت و ساختار برهمکنش های میان این ترکیبات نیز تعیین کننده "بافت، ساختار نهایی و پایداری ماده غذایی" می باشد. از آنجا که بافت و پایداری نیز از مهمترین خواص تعیین کننده کیفیت ظاهری محصول غذایی می باشند، دانشمندان و صنعتگران از ابتدا تعیین چنین برهمکنش هایی را جهت تأمین کیفیت بهینه غذا و طراحی ساختارهای غذایی جدید مورد توجه قرار داده اند. دانستن برهمکنش های میان بیوپلیمرهای موجود در سیستم های محلول، نظیر پروتئین ها و

<sup>1</sup> Interactions

پلی ساکاریدها، در سیستم های بیولوژیکی نیز اهمیت اساسی دارد که از جمله این موارد می توان به DNA و آنزیم های همانند سازی، ایمنوگلوبولین ها و پروتئین های خارج سلولی و یا پلی ساکارید ها، ویروسها و غشاهای باکتریایی اشاره کرد (Schmitt et al., 1998).

بطور کلی برهمکنش های ماکرومولکولی مؤثر در تشکیل کمپلکس ها را می توان در سه دسته برهمکنش های میان ماکرومولکول های باردار، برهمکنش های میان گروه های جانبی با بار مخالف (اسیدی و بازی)، برهمکنش میان دیگر گروه های جانبی پلی یون ها طبقه بندی کرد. این برهمکنش ها بطور دقیق تر بصورت ضعیف/قوی<sup>۱</sup>، ویژه/غیرویژه<sup>۲</sup>، جاذبه/دافعه<sup>۳</sup> تقسیم بندی می شوند (Tolstoguzov, 1991).

برهمکنش های دافعه همیشه بصورت غیر ویژه و موقتی می باشند. آنها حاصل اثرات حجمی (دور شدن فضایی)<sup>۴</sup> و یا برهمکنش های الکتروستاتیکی<sup>۵</sup> هستند که بجز در محدوده قدرت یونی بسیار پایین و یا بسیار نزدیک بهم ذرات، تمایل به ضعیف شدن دارند. این نوع برهمکنش ها در مخلوط پروتئین-پلی ساکارید غیر یونی و یا در مخلوط پلی ساکاریدهای آنیونی و پروتئین در pH بالاتر از نقطه ایزوالکتریک یافت می شوند. برهمکنش های جاذبه میان بیوپلیمرها ممکن است به فرم ضعیف/قوی، ویژه/غیرویژه باشد. برای مثال اتصال کووالانسی میان پروتئین ها و پلی ساکاریدها یک برهمکنش جاذبه ویژه، قوی و دائمی است. برهمکنش های جاذبه غیر ویژه میان کمپلکس های پروتئین-پلی ساکارید حاصل اتصالات ضعیف متعدد میان گروه های موجود در سطح بیوپلیمرهاست که در این میان می توان به اتصالات یونی<sup>۶</sup>، وان دروالسی<sup>۷</sup>، هیدروفوبیک<sup>۸</sup> و هیدروژنی<sup>۹</sup> اشاره کرد. برهمکنش های جاذبه قوی میان پروتئین های با بار مثبت (pH پایین تر از نقطه ایزوالکتریک) و پلی ساکاریدهای کاتیونی در قدرت یونی پایین و برهمکنش های جاذبه ضعیف میان پروتئین های با بار منفی (pH بالاتر از نقطه ایزوالکتریک) و یا بدون بار و پلی ساکاریدهای آنیونی رخ می دهد. با این حال در بعضی موارد نیز ممکن است تشکیل کمپلکس بدلیل وجود مناطق کوچک باردار روی سطح پروتئین صورت پذیرد (Schmitt et al., 1998).

بطور کلی هنگامی که دو بیوپلیمر در مجاورت یکدیگر قرار می گیرند، نیروهای برهمکنشی متعددی علاوه بر اتصالات الکتروستاتیکی می توانند موجب افزایش تشکیل مناطق اتصال میان بیوپلیمرها شوند. این نیروها بسته به ترکیب و ساختار ماکرومولکول های موجود-

<sup>1</sup> Weak or strong

<sup>2</sup> Specific or not

<sup>3</sup> Attractive or repulsive

<sup>4</sup> Steric exclusion

<sup>5</sup> Electrostatic interactions

<sup>6</sup> Ionic

<sup>7</sup> Van der waals

<sup>8</sup> Hydrophobic interactions

<sup>9</sup> Hydrogen bonding

که همان توالی منومرهای گلوکزی<sup>۱</sup> و آمینو اسیدی، ساختار حلقوی بی شکل یا فشرده<sup>۲</sup> می باشد- متفاوت است و از مهمترین آنها می توان به اتصالات هیدروژنی، برهمکنش های هیدروفوبیک و اتصالات کووالانسی<sup>۳</sup> اشاره کرد (Schmitt et al., 1998). اهمیت نسبی این برهمکنش ها در یک سیستم خاص بستگی به نوع بیوپلیمر شرکت کننده (نظیر وزن مولکولی، دانسیته بار در مقابل تغییرات pH ، انعطاف پذیری و هیدروفوبیسیتی) ، ترکیب محلول (مثل قدرت یونی و pH ) و شرایط محیطی(مانند دما، سرعت برشی، زمان برشی و فشار) دارد. با تنظیم این پارامترها، امکان کنترل برهمکنش میان بیوپلیمرها و بنابراین ایجاد خواص عملکردی مختلف در سیستم غذایی حاصل می شود (McClements 2006).

یک برهمکنش غیر الکتروستاتیکی بسیار ویژه در جریان تشکیل کمپلکس های پروتئین- پلی ساکاریدی، اتصال کووالانسی است. این نوع برهمکنش اغلب با ایجاد واکنش شیمیایی میان گروه های آمینی پروتئین و کربوکسیل پلی ساکاریدها و در نتیجه یک اتصال آمیدی کووالانسی<sup>۴</sup> تشکیل می شود (Stainsby, 1980). دهیدراسیون کمپلکس<sup>۵</sup> (از طریق حرارت دهی یا خشک کردن انجامدادی<sup>۶</sup>) و یا افروden عوامل اتصال دهنده عرضی<sup>۷</sup> (نظیر کربودی آماید<sup>۸</sup>) نیز معمولاً موجب القای تشکیل این نوع برهمکنش می گردد. در حقیقت اتصال کووالان یا کنزوگه کردن یک ابزار کاربردی مهم جهت برگشت ناپذیر شدن<sup>۹</sup> و پایدار شدن کمپلکس به تغییرات pH و قدرت یونی می باشد که در سال های اخیر بدلیل ایجاد خواص عملکردی جدید بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Babikar et al., 1998).

#### ۱-۴-۱- ایجاد عملکرد جدید بر پایه برهمکنش میان بیوپلیمرها در محلول:

هنگامی که دو بیوپلیمر با هم مخلوط می شوند، بسته به ماهیت بیوپلیمر بکار رفته، ترکیب محلول و شرایط محیطی ممکن است تشکیل سیستم های تک یا دو فازی<sup>۱۰</sup> دهنده(شکل ۱-۱). در سیستم تک فازی دو بیوپلیمر بصورت مولکول های انفرادی و یا کمپلکس های محلول که بطور یکنواخت در سیستم توزیع شده اند موجود می باشند، حال آنکه در سیستم های دو فازی

<sup>1</sup> Glucosidic monomers

<sup>2</sup> Compact or random coil

<sup>3</sup> Covalent bond

<sup>4</sup> Amide covalent bond

<sup>5</sup> Complex dehydration

<sup>6</sup> Freeze drying

<sup>7</sup> Crosslinking agents

<sup>8</sup> Carbodiimide

<sup>9</sup> Irreversible

<sup>10</sup> One-phase or two-phase systems