پروموتر ژنهای پروتئین‌های شوک حرارتی کلی‌باسیل بوسیله فاکتور سیگمای خاصی $\left(\sigma^{32}\right)$ شناسایی می‌شود

سدکننده‌ها و فعال کننده های اپرونها که سبب کنترل تعداد نسبتاً کمی از ژنها می‌شوند، معمولاً عمل خود را از طریق تغییر دسترسی به پروموتر و یا تغییر کارآیی آن انجام می‌دهند. بعبارت دیگر این ترکیبات سبب تغییر فعالیت *RNA* پلی‌مراز نمی‌شوند چرا که *RNA* پلی‌مراز برای فعالیت پروموترهای دیگر باید در دسترس باشد. در شرایطی که باید بیان ژنها بطور انبوه صورت گیرد (مانند شرایط شوک حرارتی) استراتژی متفاوتی بکار گرفته می‌شود. تقریباً در تمام انواع سلولهایی که در معرض شوک حرارتی قرار می‌گیرند، پروتئین‌های خاصی (حدود 17 پروتئین در کلی باسیل) سریع تر از معمول سنتز می‌شوند. اگر حرارت وارد به کلی‌باسیل خیلی بالا نباشد (مثلاً 42 درجه سانتیگراد)، سرعت سنتز پروتئین‌های شوک حرارتی کاهش یافته و طرح طبیعی سنتز پروتئین‌ها بزودی از سرگرفته می‌شود (ظرف 20 دقیقه). ولی چنانچه دمای محیط بسیار بیشتر از حدی باشد که رشد باکتری بتواند انجام شود (50 درجه سانتیگراد). تنها سنتز پروتئین‌های شوک حرارتی ادامه می‌یابد. بعضی از پروتئین‌های شوک حرارتی که مربوط به گونه‌های نسبتاً دور می‌باشند تشابه زیادی دارند، حتی شباهتهایی بین بعضی از پروتئین‌های فوق در باکتریها و یوکاریوتها وجود دارد. برای مثال نیمی از نوکلئوتیدهای ژن مربوط به سنتز یکی از پروتئین‌های شوک حرارتی کلی‌باسیل بوزن مولکولی 66 کیلو دالتون که بنام پروتئین *Dnak* خوانده می‌شود، با ژن پروتئین شوک حرارتی 70 کیلو دالتونی *Hsp70* مگس سرکه مشابه است. با وجودیکه می‌دانیم بعضی از پروتئین‌های شوک حرارتی کلی‌باسیل (مثل پروتئین‌های *GroEL* و *GroES* برای مونتاژ ذرات فاژ لامبدا و پروتئین *Dnak* برای

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir

سنتز DNA آن) برای رشد فاژ لازم هستند، ولی نمی‌دانیم که چه عمل مشترکی بین پروتئین‌های فوق وجود دارد که برای نجات سلول از افزایش ناگهانی حرارت یا شرایط استرس زای معین دیگری چون افزودن اتانول به محیط کشت لازم می‌باشند. (شاید اینکه پروتئین‌های شوک حرارتی برای مونتاژ فاژ لازم هستند مربوط به این باشد که عفونت فاژی در واقع خود یک شوک است). آنچه که خصوصاً باعث اهمیت شوک حرارتی می‌شود، تغییر طرح کلی بیان ژنها است.

نکته بسیار مهم در مورد مکانیسم شوک حرارتی این است که پروموتر ژنهای پروتئین‌های شوک حرارتی کلی‌باسیل بوسسیله هولوآنزیم RNA پلی‌مرازی که دارای فاکتور سیگمای بخصوصی است، شناسایی می‌شود. فاکتور سیگمای فوق پروتئینی بوزن مولکولی 32 کیلودالتون $\left(s^{32}\right)$ است و بوسیله ژن $rpoH$ که قبلاً بنام $htpR$ خوانده می‌شد، ساخته می‌شود. مقدار این فاکتور نسبت به فاکتور سیگمای معمولی $\left(s^{70}\right)$ بسیار کمتر است. s^{32} محکم به کور آنزیم متصل می‌شود و بدین وسیله هولوآنزیمی تشکیل می‌دهد که می‌توان آنرا از هولو آنزیمهای s^{70} تخلیص نمود. هولوآنزیم حاوی s^{32} منحصراً به پروموترهای پروتئین‌های شوک حرارتی متصل می‌شود و بر روی پروموتر معمولی سایر ژنهای تاثیری ندارد. در نتیجه می‌توان گفت که توالی پروموترهای شوک حرارتی با پروموترهای معمولی متفاوت است (جدول).

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir

توالی پروموترهای ژنهای شوک حرارتی

Table 16-1 Sequences of Heat Shock Promoters*

Promoter	−35 Region		−10 Region	+1
groE	TTTCCCCCTTGAA	GGGGCGAAGCCAT	CCCCATTTCTCTGGTCAC	
dnaK promoter 1	TCTCCCCCTTGAT	GACGTGGTTTACGA	CCCCATTTAGTAG	TCAA
dnaK promoter 2	TTGGGCAGTTGAA	ACCAGACGTTTCG	CCCCTATTACAGACTCAC	
C62.5 gene	GCTCTCGCTTGAA	ATTATTCTCCCTTGT	CCCCATCTCTCCCACATC	
σ^{70}	TGCCACCCTTGAA	AAACTGTCGATGTGG	GACGATATAGCAG	ATAA
Heat-shock promoter (σ^{32}) consensus	T - - C - C - CTTGAA	13–15 bp	CCCCAT - T	
tandard promoter (σ^{70}) consensus	TTGACA		TATAAT	

*DNA sequences of the RNA-like strand of *E. coli* heat-shock promoters. Note that the "standard" σ, σ^{70}, is itself a heat-shock protein. Bases matching the σ^{32} consensus sequence are underscored.
SOURCE: Adapted from D. W. Cowing, J. C. A. Bardwell, E. A. Craig, C. Woolford, R. W. Hendrix, and C. A. Gross, "Consensus for *Escherichia coli* Heat Shock Gene Promoters," *Proc. Nat. Acad. Sci.* 82 (1985):2679–2683, with permission.

توالی‌های DNA مشابه رشته RNA مربوط به پروموتر ژنهای شوک حرارتی کلی‌باسیل، توجه کنید که فاکتور سیگمای معمولی (σ_{70}) خود یک پروتئین شوک حرارتی است. زیر توالی بازهایی که برای فاکتور سیگمای 32 $consensus$ هستند خط کشیده شده است.

تفاوت فوق عمدتاً در قطعه 10- ای است که فاکتورهای سیگما احتمالاً آنرا تشخیص می‌دهند .

با وجودیکه می‌دانیم s^{32} مسئول شناسایی پروموتر ژنهای مربوط به شوک حرارتی است هنوز معلوم نیست که پس از تغییر حرارت چه رخ می‌دهد و یا اینکه چرا s^{32} وقتی که سلولها به حرارت متوسط بالاتر عادت می کنند بر پروموترهای فوق اثر ندارد.

ضمناً فاکتورهای سیگمای دیگری شناخته شده‌اند که سبب ایجاد هاگ (اسپور) در باسیلوس سوبتیلیس و یا رشد فاژ در باسیل فوق و کلی باسیل می‌شوند. باسیلوس سوبتیلیس حداقل چهار نوع فاکتور سیگما دارد، وجود فاکتورهای فوق شاید به این دلیل باشد که هاگزایی تغییر طولانی و شدید سلولی است که نیازمند تغییرات شدیدی در بیان ژن است. اخیراً نشان داده شده است که ژنهای مربوط به متابولیسم نیتروژن از جمله ژنهای مربوط به تثبیت ازت در کلی‌باسیل و باکتریهای دیگر بوسیله فاکتور سیگمای دیگری که بوسیله ژن $ntrA$ در کلی باسیل سنتز می‌شوند، شناسایی می‌گردند.

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir

شبکه رشد – شبکه ملی مدارس ایران
Olympiad.roshd.ir